Mus. th.
75

Schilling.

[illegible]

oder

die Lehre vom Klange.

[illegible]

über [illegible]

oder

allgemein [illegible]

insbesondere

Musiker, Instrumentenmacher und Architekten.

von

G. Schilling.

Stuttgart.

[illegible]

[illegible]

Akustik

oder

die Lehre vom Klange.

Ein Versuch

ihrer Einführung in's Leben

durch

allgemein faßliche, theoretisch-praktische Darstellung ihrer Wissenschaft für alle Freunde der Natur und Kunst,

insbesondere

Musiker, Instrumentenmacher und Architekten,

von

G. Schilling.

Stuttgart.

1848.

Verlags-Bureau.

BIBLIOTHECA REGIA MONACENSIS

702. D.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Vorwort.

Die beste, sorgfältigste und umfassendste Zusammenstellung aller bis jetzt auf dem Gebiete der Akustik gemachten Erfahrungen und durch unzählige eben so sinnreiche als mühsame Versuche gewonnenen Resultate enthält unstreitig Dr. Heinrich Ernst Bindseil's Buch: „Akustik mit sorgfältiger Berücksichtigung der neuern Forschungen" (Potsdam, Horvath'sche Buchhandlung). Schon 1839, gleich nach seinem Erscheinen, nahm ich mir daher vor, an der Hand dieses Werks einmal den Versuch zu wagen, die ohne Zweifel für alles praktische Leben so sehr wichtige und gleichwohl demselben bis heute noch so sehr ferne liegende Lehre zu popularisiren, ich meine damit, ihre von der Wissenschaft bisher als ausschließliches

Eigenthum errungenen und bewahrten Gesetze auf eine solche Weise darzustellen, daß sie von jedem gebildeten Freunde der Natur und Kunst leicht begriffen und auf die ihm im Leben vorkommenden, leider bis heute noch so oft unerklärlich scheinenden Klangerscheinungen behelligend angewendet werden können. Eine ganze Reihe anderer Arbeiten indessen, die zunächst erledigt seyn wollten und seyn mußten, versagte mir seitdem die gehörige Zeit und Muße dazu. In nachfolgendem Werkchen erst habe ich das Vergnügen, den Interessenten die zu dem Zwecke nun endlich unternommene Arbeit vorzulegen. Etwas Vollendetes kann dieselbe natürlich seyn, da sie meines Wissens — und ich arbeite bereits seit zwanzig Jahren unausgesetzt auf dem Gebiete der Töne — die erste ihrer Art ist; aber ich gebe sie ja auch nur für einen Versuch aus, zufrieden wenn sie nur als solcher halbwegs gelungen seyn sollte, weil sie auch alsdann schon unberechenbaren Nutzen stiften dürfte, da aller Gedanke, wie unendlich fruchtbar für das Leben, für Kunst und Wissenschaft, doch zuletzt einen Tribut von seinem Verdienste zu zahlen hat da, wo er zunächst geweckt wurde, und nichts Vollendetes entsteht ohne oft eine ganze Menge unvollendeter Vorgänge und Versuche.

Die Richtschnur meiner Darstellungen habe ich angegeben: findet man mich ihr ziemlich durchgehends treu geblieben, so kann auch nicht auffallen, daß der Anschluß oft bis auf das Wort hin erfolgte; doch fehlt es auch nicht an Abweichungen, und zwar wesentlichen Abweichungen, zu denen mich eigene Erfahrungen und die Resultate zahlloser, selbst angestellter, praktischer Forschungen berechtigten, und was die eigentliche Anwendung der bloßen Wissenschaft, der bloßen Theorie des Klanges aufs Leben, auf die wirklich tönende Welt betrifft, so dürfte Niemand bestreiten wollen, daß sie ausschließlich mein Eigenthum und hier zum Erstenmale versucht worden ist.

Widme ich vor Allen dem gegen seine Kunst, gegen sich selbst weniger gleichgültigen, dem denkenden Musiker, dem Verfertiger von musikalischen Instrumenten und dem Baukünstler die Arbeit, so thue ich es in der Ueberzeugung, daß Vielen von ihnen hier ein Blick sich erhellt in Geheimnisse ihrer Kunst, deren vermeinte Undurchdringlichkeit sie allein bisher noch aufhielt in Fortschritten, die unausweichlich sie zuletzt führen müssen zu den erstaunlichsten, wunderbarsten Verbesserungen in ihren Werken. Ich erinnere zu dem Ende z. B. die Saiteninstrumentenmacher nur an die gegebene Theorie

der Resonanzboden, die Orgelbauer an die Vorschläge zur Compensation auch der Flötenregister, die Architekten an die Winke über Construction von Theatern ꝛc. ꝛc.

Jedenfalls wollte ich mit dem Buche Nichts als nützen, dem praktischen Klangleben nützen, und es sollte mich freuen, hätte ich jemals das Glück zu erfahren, daß meine Absicht wenigstens hie und da erreicht worden.

Stuttgart im Januar 1848.

Einleitung.

Begriff, Werth und Nothwendigkeit der Lehre.

Unter Akustik, welches Wort von einem griechischen Verbum herstammt, das dem deutschen hören gleichbedeutend ist, verstehen wir diejenige Wissenschaft, welche sich mit der Natur des Klanges, Allem was klingt und mit der Art und Weise dieses Klingens selbst, seiner ganzen innern und äußern Natur, beschäftigt. Sie ist also die Lehre vom Klange oder die Theorie des Schalles.

Allerdings ist das ganze große Bereich, über welches sich demnach diese Lehre ausbreitet, bis heute noch keineswegs vollständig erforscht und wird es auch wohl so bald nicht werden. Keine Wissenschaft, darf man mit Recht sagen, befindet sich noch so sehr in ihrem Kindesalter, als die Akustik. Der Grund davon liegt wohl unstreitig nur in der durchgängigen Stofflosigkeit, in der vollständig ätherischen, durchaus geistigen Natur ihres Gegenstandes. Könnten wir den Klang greifen, fühlen, riechen, schmecken, wie ziemlich alle andern Gegenstände der übrigen Sinne, außer dem Gehöre, oder könnten wir seine Wesenheit lediglich mit Hülfe des geschärften Verstandes zergliedern wie einen Begriff oder jede andere Regung und Vorstellung unsers Innern, ohne Zweifel würde

unsere Einsicht auch über ihn schon eine gleiche Herrschaft errungen haben, als über alle diese und dahin gehörigen Dinge; allein wir können ihn blos hören, und erstreckt sich unser Hörorgan auch über ziemlich unsern ganzen Körper, so ist es unter allen unsern Sinneswerkzeugen doch immer das unzuverlässigste, ungenaueste, — und warum? — eben weil es sich mit den allerunkörperlichsten unter den Körpern und Erscheinungen der Sinnenwelt beschäftigt.

Nichts destoweniger scheint an Werth und Nothwendigkeit diese Lehre keiner andern nachzustehen, ja manche sogar noch weit zu übertreffen, und es geht die Richtigkeit dieser Behauptung schon daraus hervor, daß die Akustik, ungeachtet der reinen Geistigkeit ihres Stoffes, doch und eben um der Natur dieses Stoffes willen mehr als manche andere Wissenschaft unmittelbar in das Reich des rein sinnlichen und also selbst förmlich praktischen Lebens der Menschen eingreift. Aber eben darum scheint auch ihre möglichst populäre, allgemein verständliche Darstellung, wie sie hier und vielleicht zum erstenmale versucht werden soll, fast unerläßliche Bedingung und zwar überall und stets, wo ein wirklich praktischer Nutzen von ihr abgesehen werden, also wo wirklich sie nicht blos um ihrer selbst willen bestehend, sondern wenigstens auf dem Wege zur Erreichung ihres eigentlichen Ziels erscheinen soll.

Freilich dürfte Mancher sagen: alle Menschen haben Ohren und können hören von Natur aus, und hat diese ihnen damit zugleich auch das Vermögen des Empfindens mitgetheilt, so daß jeder Mensch zugleich weiß, nicht allein daß es ein Klang und blos ein Klang ist, den er hört, sondern auch welcher Klang eine angenehme und welcher eine unangenehme Wirkung auf ihn hervorbringt, so kommt Nichts weiter darauf an, daß er z. B. auch die Ursachen dieser Wirkung oder gar genau die Ursachen des eigentlichen Klanges weiß und zu untersuchen vermag. Klingen und Hören

sind reine Elementar-Erscheinungen in der Natur, und über solche wissenschaftlich belehrt zu seyn, kann schon um der Eigenschaft des Allgemeinguts derselben willen nie einen Werth von bedeutend praktischem Belang für den größern Haufen der Gesellschaft haben. Indessen nicht blos, daß alle elementarischen Kräfte der Natur blos da sind, um von dem Menschen je beliebig zu seinem Nutzen verwendet zu werden, und daß der liebe Gott eben dazu dem Menschen seine Vernunft, das Denk- und Gefühlsvermögen verliehen hat, sondern jener Nutzen wird auch auf solch verschiedene Weise erreicht, liegt in solch vielfach verschiedenen Richtungen auf dem Lebensplane zerstreut umher, daß gerade deshalb schon ihre genaue, sorgfältige, selbst lediglich auf wissenschaftlichem Wege zu findende Erkenntniß fast ein nicht minder von der Natur dem Leben aufgeprägtes Bedürfniß, eine gleiche Nothwendigkeit ist, wie die betreffende Elementarkraft als solche selbst. Wir können Nichts, keinen Gegenstand sehen ohne Licht, — das weiß jeder Mensch, und jeder Mensch, der gesunde Augen hat, sieht im Licht, wenn er die Augen aufmacht, ist sich auch dabei des Sehens und Gesehenen selbst bewußt; allein wenn er nun schon oft die Erfahrung gemacht hat, daß z. B. das Licht so oder so auf den gesehenen Gegenstand fallend diese oder jene bald mehr bald weniger angenehme, aber immer andere Wirkung auf sein Gefühl hervorbringt: ist da nicht vielleicht um der Annehmlichkeit seines Lebens willen nothwendig, daß er auch die Ursachen dieser Verschiedenheit der Wirkung genau kennt? — Und nun kommt hier noch dazu, daß für's praktische, gesellschaftliche Leben gerade das Gehör der vielleicht wichtigste Sinn ist, indem der vorzüglichste Ausdrucksstoff der Menschen, die Sprache, nur durch das Gehör wahrgenommen und dem Geiste zugeführt werden kann, also eben, als Ton, als Klang, Gegenstand der Akustik ist; und kommt ferner dazu, daß der wirksame Gebrauch jenes vorzüglichsten mensch-

lichen Mittheilungsmittels oder Mittheilungsstoffs von so gar mancherlei äußern Umständen abhängt, daß, dieses Verhältniß nicht kennend oder berücksichtigend, der Mensch zehnmal für einmal in den Fall kommen kann, zu reden, ohne jene Wirkung davon zu erfahren, welche er eigentlich damit hervorbringen wollte und unter andern Umständen ohne Zweifel auch hervorgebracht haben würde. Jenes Verhältniß aber ist eben das, welches die Akustik darthut, erklärt und erläutert, daher die Wichtigkeit akustischer Kenntnisse z. B. namentlich für die Architekten, welche Gebäude zu bauen haben, in denen viel öffentlich gesprochen, gesungen oder gespielt werden soll, wie Theater, Kirchen, Schulen, Concertsäle &c., für alle Instrumentenmacher, Sänger, Musiker &c.

Versuche ich also, die Lehre von dem Höhe- und Standpunkte aus, welchen sie bis jetzt durch die gelehrten Forschungen gar vieler tiefer Denker in neuerer Zeit, namentlich durch einen Chladni, die Gebrüder Weber und Bindseil erreicht hat, endlich auch einmal in solch' allgemein verständlicher Weise darzustellen, daß wirklich ihr dadurch endlich vielleicht der Weg in das eigentlich praktische Leben, in das Bereich allgemein menschlicher Bildung gebahnt wird.

Erster theoretischer Theil,

enthaltend

die Grundlehren der Akustik

oder

die Lehre von der physischen Beschaffenheit und Ursache des Klanges in allen seinen Erscheinungen, Anwendungen und Verhältnissen.

Erster theoretischer Theil,

enthaltend

die Grundlehren der Akustik

oder

die Lehre von der physischen Beschaffenheit und Ursache des Klanges in allen seinen Erscheinungen, Anwendungen und Verhältnissen.

Erstes Kapitel.

Theorie des Klanges überhaupt.

§. 1.

Erste Ursache alles Hörbaren.

Alles was wir hören, sey es welcher Art es wolle, entsteht durch eine gewisse innere Bewegung gewisser, d. h. solcher Körper, die fähig sind, durch jene ihre Bewegung eine Erscheinung hervorzubringen, die wir mit unserm Ohre wahrnehmen können. Die Bewegung selbst aber, wodurch dies geschieht, ist von dreierlei Art, entweder eine fortschreitende oder eine drehende oder eine schwingende, welche letztere auch zitternde oder oscillirende genannt wird. Merkwürdig, daß hauptsächlich nur die letzte Art und zwar unmittelbar unter gewissen Bedingungen auf das Gehör wirkt; thun dies auch die ersten beiden Arten, so geschieht es doch nur mittelbar, in sofern nämlich durch sie wenigstens in den umher befindlichen Körpern auch eine zitternde Bewegung verursacht wird. Die schwingende Bewegung eines Körpers insbesondere aber hängt von dessen Elasticität ab, und in sofern nun fast alle Körper einen gewissen Grad von Elasticität besitzen und eben die schwingende Bewegung eines Körpers es ist, welche durch das Zittern,

das sie unter den diesen Körper umgebenden Lufttheilchen hervorbringt, das bewirkt, was wir insbesondere Klang und Ton nennen, in sofern läßt sich nun mit allem Recht auch behaupten, daß eigentlich alle Körper einen Klang oder Ton hervorzubringen vermögen; nur ist das Maaß der Elasticität verschieden, und wir pflegen blos diejenigen Körper elastisch zu nennen, welche diese Eigenschaft in einem besonders hohen Grade besitzen. Gleichwohl kommen sonach, genau genommen, Schwingungen in allen Körpern, in der ganzen Natur, sowohl in festen als in allen Arten flüssiger Gegenstände vor, und überall also können, bei noch blos elementarischer Anschauung der Sache, Klänge ꝛc. zur Wahrnehmung gelangen.

§. 2.

Verschiedene Beschaffenheit hörbarer Erscheinungen.

Je nach dem Grade der Elasticität der schwingenden Körper jedoch und je nach dem Grade der Gleichmäßigkeit dieser seiner Schwingungen, ist dies Gehörte von besonderer Beschaffenheit.

Sind die Schwingungen unregelmäßig, nicht gleichförmig, so sind dies auch die Schwingungen, welche dadurch in der den schwingenden Körper umgebenden Luft erzeugt werden, und was wir hören, ist blos ein Schall, der nun wieder seyn kann blos ein Geräusch, Gemurmel, Geplätscher oder was dergleichen; geschehen die Schwingungen regelmäßig, in einem gewissen Grade von Gleichförmigkeit, so wird der Schall zum Klange, der übrigens an und für sich auch noch bald mehr bald weniger rein, heiser, gedämpft, klar, hell oder was dergleichen seyn kann; und geschehen die regelmäßigen Schwingungen zugleich in einem bestimmt abgemessenen Zahlenverhältnisse innerhalb einer gewissen Zeit, so entsteht aus dem Klange der wirkliche Ton, der je nach der Größe jenes Zahlenverhältnisses nun bald ein tieferer, bald

ein höherer ist, je nachdem weniger oder mehr Schwingungen innerhalb einer gewissen Zeit zu seiner Erzeugung erfordert werden.

§. 3.

Entstehung, Erregung und Vernehmbarkeit des Schalls.

Die allererste und allgemeinste, jedenfalls bei irgend einer hörbaren Schwingung zur Wahrnehmung kommende Erscheinung ist demnach der Schall. Um dessen Wesen gehörig zu erfassen, müssen wir kennen: 1) sein Entstehen; 2) seine Erregung; 3) seine Vernehmbarkeit, und endlich 4) auch seine verschiedenen Arten. Bleiben wir hier übrigens zunächst blos bei den ersten drei Punkten stehen.

Entstehen kann ein Schall immer nur aus gewissen Schwingungen eines Körpers; aber nicht der als ein Ganzes schwingende Körper (seine Totalschwingung) ist es, der einen Schall erzeugt, sondern es geht dieser nur aus der Bewegung der kleinsten Theile desselben hervor, welche seine Molecule genannt werden. Also die Molecularschwingungen eines Körpers, die Bebungen seiner innersten kleinsten Theile sind es, die einen Schall erzeugen, und also wird ein Schall erregt blos wenn die Moleculen eines Körpers in Schwingungen versetzt werden. Das kann aber nur auf dreierlei Weise geschehen, entweder durch einen Stoß oder durch einen Zug oder durch eine Reibung, welche letztere zudem nur als eine ununterbrochen fortgesetzte Reihe von Zügen oder Stößen, die in schiefer Richtung geschehen, angesehen werden darf, weil sie auf gleiche Weise wie eine solche Folge von Stößen und Zügen wirkt.

Die Vernehmbarkeit einer Molecularbewegung als Schall dann hängt ab: 1) von der Beschaffenheit der Bewegung selbst, welche beruht auf der Qualität und Quantität sowohl des schwingenden Körpers, als des seine Schwingung erregenden, wie desjenigen, an welchem oder in

welchem jener geschwungen wird. Es kommt nämlich dabei darauf an: a, daß die Bewegung schnell genug geschieht, eine Bedingung nun aber, in Beziehung auf welche sich, da sie im engsten Zusammenhange mit der Empfänglichkeit des Ohrs steht und diese selbst sehr verschieden ist, gar keine bestimmte Gränze feststellen läßt, sondern die ganz allgemein hingestellt bleiben muß (viele Leute nehmen schon bei einer so langsamen Bewegung einen Schall wahr, wo andere ihn noch gar nicht hören, und umgekehrt); und b, daß die Bewegung sich inerhalb gewisser Gränzen der Schnelligkeit hält, über die sie nicht hinausgehen darf, weil sonst das menschliche Ohr keinen Schall mehr wahrnehmen würde, und als Minimum hiefür gilt gewöhnlich, daß 30 bis 32 Schwingungen innerhalb einer Secunde erfolgen müssen, wenn wirklich ein Schall wahrgenommen werden soll, obschon es auch wohl sehr empfindsame Ohren geben mag, die bei noch weniger Schwingungen bereits einen Schall oder etwas dem Aehnliches vernehmen.

2) Hängt die Vernehmbarkeit eines Schalles ab von der Beschaffenheit der Gehörwerkzeuge dessen, der den Schall wahrnehmen will. Dabei aber müssen wir eine dauernde und eine blos momentane solche Beschaffenheit von einander unterscheiden. In Betreff der ersteren übrigens läßt sich nur die allgemeine Regel aufstellen, daß die Gehörwerkzeuge überhaupt, wenigstens die inneren, in gutem gesundem Zustande sich befinden müssen, denn die Empfänglichkeit derselben an und für sich ist so sehr verschieden, daß eine absolute Gränze der Hörbarkeit anzugeben als ganz und gar unmöglich erscheinen muß. Betreff der zweiten dagegen, welche in der nöthigen Reizbarkeit der Gehörnerven zu derselben Zeit, wo ein Schall erzeugt wird, besteht, kommen abermals zwei sehr wichtige und zwar negative Bedingungen in Betracht: einmal, daß der Hörnerv nicht

durch zu lange fortgesetztes oder sehr gespanntes Aufmerken auf einen Eindruck nach und nach unempfindlich gegen denselben geworden seyn darf, denn die Steigerung der Empfänglichkeit des gereizten Theiles hat bei allen Einwirkungen eine Gränze, jenseits welcher sie wieder abnimmt; und dann, daß sich auch kein anderer Theil des Nervensystems auf der höchsten Stufe seiner Reizbarkeit befinden darf, weil sonst, zufolge des hier obwaltenden Antagonismus, in diesen Momenten die Reizbarkeit wie in andern Nerven so auch in denen des Ohrs unter ihren gewöhnlichen Grad vermindert ist. So versagt das letztere z. B. seine Dienste, wenn eben das Auge mit dem Auffassen irgend eines Gesichtseindrucks sehr beschäftigt ist.

3) Hängt die Vernehmbarkeit eines Schalles auch ab von dem gegenseitigen Verhältnisse dessen, der den Schall hören soll, und des schwingenden Körpers. Da nämlich nicht das äußere Ohr, sondern das innere (das sog. Labyrinth) der eigentliche Sitz des Gehörs ist, weil nur in dieses sich die Gehörnerven erstrecken, so kann natürlich auch eine unmittelbare Vernehmung des Schalles nur dann stattfinden, wenn die jene innere Hörwerkzeuge umgebenden und berührenden Knochen selbst die schallerzeugenden Körper sind, und die Schall erzeugenden Schwingungen aller übrigen Körper können nur mittelbar zu dem innern Ohre gelangen, entweder nämlich mittelst der vor dem Labyrinthe liegenden Trommelhöhle, der die Schwingungen durch das Trommelfell mitgetheilt werden, das sie durch das äußere Ohr durch eindringende Luft oder Wasser empfängt, oder mittelst der den innern Gehörwerkzeugen benachbarten Knochen, die sie ebenfalls bald durch an sie anschlagende Luft, bald durch an sie anschlagende feste Körper empfangen.

Mit Ausnahme eines einzigen vorhin genannten Falles ist also zum Hören bewirkter Schalle immer ein Medium

erforderlich, das diese von dem sie erzeugenden Körper bis in unser inneres Ohr fortpflanzt, und dazu eignen sich, wie schon aus dem Bisherigen erhellt, sowohl flüssige als feste Körper, und unter den ersteren sowohl die ausdehnbar flüssigen, wie alle Luftarten, als die tropfbar flüssigen, wie alles Wasser ꝛc. Diese Medien jedoch sind, sowohl was die Schnelligkeit, als was die Stärke und Weite der Schallfortpflanzung betrifft, sehr verschieden von einander. Es ist also, um einen Schall zu vernehmen, nicht einerlei, daß überhaupt ein den Schall fortpflanzendes Mittel vorhanden ist, sondern es kommt dabei auch noch darauf an, daß der Hörende sich so nah bei dem schallerzeugenden Körper befindet, daß jenes Medium ihn zu erreichen vermag. Außerdem kommt manchmal dabei auch noch Viel auf die Richtung an, in welcher der Hörende von dem Schall erzeugenden Körper absteht. Da nämlich ein Schall um so stärker gehört wird, je mehr die Richtung unsers Ohrs zu dem ihn erzeugenden Körper eine gerade Linie bildet, so folgt, daß sehr schwache Schalle nur dann gehört werden können, wenn sich das Ohr ihrem erzeugenden Körper direct zuwendet. Nur bei schwingenden Stäben findet merkwürdiger Weise eine Ausnahme hierin statt, indem bei solchen, wenn auch der schwächste Schall noch gehört werden soll, das Ohr der Richtung, in welcher die Schwingungen geschehen, entweder geradezu oder derselben so zugewendet seyn muß, daß es eine senkrechte Linie darauf beschreibt.

§. 4.

Verschiedene Arten des Schalles und ihre Ursachen.

Die Art des Schalles endlich, das Wie seiner Erscheinung, hängt ab: theils von der Beschaffenheit des schallenden Körpers selbst und seiner Schwingungen, und theils von der Beschaffenheit und der Bewegung derjenigen Körper,

mit welchen jener in entweder unmittelbarer oder mittelbarer Berührung steht. Daß diese Beschaffenheiten gar verschiedene seyn können, versteht sich von selbst, und so bedarf es auch gar keines Nachweises, daß ein Schall überhaupt gar verschiedenartiger Natur seyn kann, nur ist wichtig zu untersuchen, welchen Einfluß eben jene verschiedenen Beschaffenheiten auf einen Schall äußern, und wie daher dieselben in diesem auch eine verschiedene Art der Erscheinung hervorbringen.

Bei den schallenden Körpern selbst, was ihre eigene Beschaffenheit an und für sich selbst betrifft, kommt in der Beziehung in Betracht sowohl ihre Qualität als ihre Quantität, und sowohl die Qualität ihrer Masse, als die ihrer Form, und sowohl die Quantität aller ihrer Molecule, als die der zuerst in Schwingung versetzten Molecule.

Hinsichtlich der Qualität der Masse nämlich, d. h. hinsichtlich der eigenthümlichen Beschaffenheit ihrer Molecule und deren gegenseitiger Lage, giebt z. B. Metall einen ganz andern Schall als Holz und dieses selbst wieder einen sehr verschiedenen je nach seiner besondern Art. Besonders auf die Höhe und Tiefe eines Tones oder vielmehr Schalles wird von dieser Seite her ein gar merklicher Einfluß ausgeübt. Nehmen wir z. B. eine Darm- und eine Messingdrahtsaite, beide von gleicher Länge, Dicke und Spannung, so ist der Ton der letztern doch um eine ganze Sexte, kurz um ein Bedeutendes höher als der der erstern, und eine Stahlsaite von dieser Dicke, Länge und Spannung giebt einen noch um Vieles höheren Ton. Und hinsichtlich der Qualität der Form giebt z. B. ein Klumpen Metall oder Glas einen ganz andern Schall als derselbe Stoff in Form eines Stabes ꝛc.

Hinsichtlich der Quantität aller Molecule eines Körpers bringen selbst zwei an Qualität ganz gleiche Körper immer einen verschiedenen Ton oder Schall hervor, wenn sie in ihrem

Ganzen quantitativ von einander verschieden sind. Zwei Saiten z. B. von gleicher Länge, von gleichem Stoff und gleich stark gespannt, aber in ihrer Dicke verschieden, bringen immer auch einen verschiedenen Ton hervor; zwei Glasscheiben, gleichgeformt und gleich groß, aber verschieden dick, tönen auch verschieden ꝛc. Daher werden auch die Töne fadenförmiger Körper, als Saiten, ohne Resonanz immer weit schwächer vernommen, als Streifen, und noch weit schwächer als Platten von sonst gleichem Stoffe und ebenfalls ohne Resonanz. Sich durch Erfahrung davon zu überzeugen, bietet sich Gelegenheit genug. Und hinsichtlich der Quantität der zuerst in Schwingung versetzten Molecule hängt davon zum großen Theile die Höhe und Tiefe eines Schalles ab.

Und derselbe Unterschied ist nun in gleicher Beziehung auch zu machen bei den Schwingungen des schallenden Körpers; auch bei ihnen kommt in solcher Beziehung in Betracht einmal ihre Qualität und dann zugleich ihre Quantität.

Die Qualität läßt einen sehr verschiedenen Standpunkt der Betrachtung zu. Einmal von Seiten der Gleichheit oder Ungleichheit der Räume und Zeiten, in welchen die einzelnen Schwingungen sich wiederholen. Im Falle der ersteren entstehen gleichartige, regelmäßige, gleichförmige Schwingungen, welche — wie früher schon bemerkt — allein fähig sind, einen wirklichen Klang zu erzeugen; im Fall der letzteren ungleichartige, unregelmäßige Schwingungen, die nur ein Geräusch und dergleichen zu verursachen vermögen. Dann von Seiten der Gestalt, welche der schallende Körper bei seinen Schwingungen abwechselnd annimmt. Man bemerkt dieselbe namentlich an den beim Schwingen eines Körpers in Ruhe bleibenden Theilen desselben, die bei einer Saite oder einem schmalen Stabe als Punkte erscheinen und Schwingungsknoten genannt werden, und bei einer Fläche als

Linien, die Knotenlinien heißen. Die ersteren lassen sich leicht sichtbar machen, wenn man z. B. auf die Saite zusammengebogene Papierstreifen legt, die letzteren durch auf die Fläche gestreuten gröberen Sand; denn so bald an der schwingenden Saite oder Fläche der rechte Klang zum Vorschein kommt, werden Papierstreifen und Sand von den schwingenden Stellen herabgeworfen und bleiben blos auf den Schwingungsknoten und Knotenlinien liegen, wodurch sich bei letzteren gewisse Figuren in dem Sande darstellen, die man Klangfiguren zu nennen gewohnt geworden ist. Drittens von Seiten der Gleichzeitigkeit oder Succession, in welcher die Molecule eines Körpers schwingen, ob nämlich alle zu gleicher Zeit oder ob davon nur ein Theil nach dem andern schwingt. Im letztern Falle entsteht eine fortschreitende Schwingung, im erstern eine stehende. Nur bei der letztern kann ein Körper selbst tönen, und sie wird auf zweierlei Weise erzeugt: unmittelbar und mittelbar, unmittelbar — was die einfachste Schwingungsart ist — indem man alle Theile eines Körpers so in Bewegung setzt, daß alle zugleich in Schwingung gerathen und dieselbe auch in gleicher Zeit vollenden und von Neuem beginnen, und mittelbar durch eine zunächst erregte fortschreitende Schwingung. Bei der unmittelbaren dieser Schwingung giebt der Körper seinen Grundton, d. h. den tiefsten Ton, dessen er überhaupt fähig ist; bei der mittelbaren aber, wobei der schwingende Körper sich in zwei oder mehrere aliquote Theile theilt, die alle durch Schwingungsknoten von einander getrennt sind und die in entgegengesetzter Richtung zu einander schwingen, entstehen mehrere verschiedene Töne, die sämmtlich höher als der Grundton sind und die sich zu diesem verhalten wie Octav, wenn der Körper sich in zwei gleiche Theile theilt, wie Quinte dieser Octav, wenn er sich in drei theilt, wie zweite Octav, wenn in vier ꝛc. Man nennt diese Töne, die dem-

nach alle gewissermaßen im Grundtone enthalten sind oder mit ihm zugleich klingen, daher auch Theiltöne, mitklingende Töne, Aliquottöne, Beitöne, harmonische Töne oder wie noch ähnlich anders. Versuche, namentlich auf Geigeninstrumenten, wo das sogenannte Flageoletspiel lediglich auf dieser Theorie der Beitöne beruht, machen das Alles sofort ganz deutlich. Ferner viertens haben wir die Qualität der Schwingungen zu betrachten von Seiten der Richtung, in welcher die Molecule schwingen, was auf dreierlei Weise geschehen kann: longitudinal, d. h. der ganzen Länge nach, oder transversal, d. h. seitwärts gehend, oder rotatorisch, d. h. drehend. Bei longitudinalen Schwingungen sind die Töne bei Weitem nicht so angenehm, auch immer beträchtlich höher und stärker, als bei transversalen. Am besten sind daher immer die letzten oder wenigstens wenn sich beide Schwingungsarten mit einander vereinigen. Endlich fünftens von Seiten des Ursprungs, ob die Schwingungen primäre oder erst secundäre sind. Erstere sind die unmittelbare Wirkung eines fortgesetzten Stoßes, letztere entstehen durch eine andere Kraft oder gehen auch erst aus jener Wirkung hervor. Natürlich ist der aus primären Schwingungen hervorgehende Schall immer stärker als der, welcher aus secundären entsteht.

Die Quantität der Schwingungen zerfällt in eine räumliche und in eine zeitliche. Von der räumlichen hängt die Stärke des Schalles oder Klanges ab: je weiter die Schwingungen gehen oder einen je größerer Raum die schwingende Molecule erfordert, desto heftiger ist die Bewegung und desto stärker der von ihr erzeugte Ton. Von der zeitlichen wird zunächst die Höhe und Tiefe des Tones bedingt: je mehr Schwingungen nämlich der Körper innerhalb einer gewissen Zeit macht, desto höher sein Ton und umgekehrt; dann aber auch die Dauer desselben: eine je längere Zeit hindurch nämlich die Schwingungen mit gleichmäßiger Geschwindigkeit fort-

dauern, desto länger dauert auch der Ton und umgekehrt. Nur kann in diesem Falle der Ton immer schwächer werden, je nachdem die Schwingungen mit der Zeit an Heftigkeit und Weite nachlassen. Verändert sich damit zugleich ihre Schnelligkeit, was indeß selten der Fall ist, so wird der Ton mit Abnahme seiner Stärke auch nach und nach immer tiefer.

§. 5.

Fortsetzung.

Was den Einfluß betrifft, den die den schallenden Körper unmittelbar berührenden oder umgebenden anderen Körper auf die Art des Schalles ausüben, so kommen zwei Fälle in Betracht, in welchen eine solche unmittelbare und einflußreiche Berührung statt haben kann: entweder ist der berührende Körper derjenige, welcher die Schwingung des schallenden erregt hat, oder ist er derjenige, an oder in welchem der letztere schwingt. In beiden Fällen hängt die Art des Schalles sowohl von der Qualität als Quantität des (berührenden) Körpers ab. Im ersteren Falle z. B. giebt, was zunächst die Qualität des Körpers betrifft, eine Metallsaite einen ganz andern Klang, wenn sie durch Schlag oder Stoß, als wenn sie durch Reißen in Schwingung versetzt wird, und auch einen ganz andern, wenn der sie schlagende Körper ein weicher, als wenn er ein harter Körper ist; die Darmsaite einen andern, wenn sie durch Reißen, als wenn sie durch Streichen oder Reiben in Vibration gesetzt wird ꝛc. Und was die Quantität des berührenden Körpers betrifft, so kommt in gleichem Fall eben so viel auf die Quantität seiner selbst, als auf die Quantität seiner Bewegung, d. h. deren Stärke, Schnelligkeit und Dauer an. Wenn ich nämlich z. B. ein Glas mit einem Hammer berühre, so entsteht ein anderer Klang, als wenn ich etwa mit einer Gabel daran schlage. Ist der Bogen des Geigenspielers mit wenigen Haaren be-

zogen, so ist sein Ton viel dünner, kurz anders, als wenn jener mit vielen Haaren bezogen ist. Und je stärker der Schlag, Stoß, Strich (oder durch welche Bewegung ein anderer schallender Körper in Schwingung versetzt wird) geschieht, je schneller und andauernder, desto stärker, heftiger und dauernder, ja sogar anwachsender wird auch der Ton. Das weiß jeder praktische Musiker, namentlich ein Geigenspieler.

Bei Betracht des zweiten Falles soll der schallende Körper **A**, derjenige, an oder in welchem jener schwingt, aber **B** heißen. Da kommt es ebenfalls sowohl auf die Quantität als auf die Qualität von **B** an. Denn je nachdem derselbe hinsichtlich seiner Qualität entweder ein fester oder flüssiger und zwar ein ausdehnbar oder tropfbar flüssiger ist, übt er auch einen verschiedenen Einfluß auf den Ton oder vielmehr Schall von **A**, weil hier der Ton abhängt von dem Gegenstoße, den **A** von **B** erhält, wenn **A** mit seiner Schallwelle oder Schallschwingung an **B** anstoßt. Tauche ich z. B. einen klingenden Körper, etwa eine schwingende Saite, tief unter Wasser, so entsteht kein Ton, sondern nur ein Geräusch, ein Geplätscher, in freier Luft aber klingt er und zwar desto heller, weiter, je weniger Feuchtigkeit die Luft enthält ꝛc. Ist **B** ein fester Körper, — je schneller er alsdann schwingt, desto leichter theilt er seine Schallschwingungen einem luftförmigen mit ꝛc. Das Alles liegt so zu sagen auf der Hand, denn der Körper, an oder in welchem ein anderer schallender schwingt, kann immer nur der schallleitende seyn, und zu diesem eignen sich, wie wir bereits erfahren haben, sowohl feste als flüssige Körper, aber unter letztern, was ihre Einwirkung auf die Art des Schalles betrifft, ist die Luft stets das beste Medium, wogegen in Betreff des blos weiter Forttragens eines Schalles auch feste und tropfbar flüssige Körper eine größere Wirkung zu äußern vermögen, jedoch nur unter gewissen Bedingungen, und vorzüglich der, daß die Qualität des schall-

leitenden Körpers gleich ist der des schallenden, so daß also auch nur für Schälle, die in festen Körpern hervorgebracht wurden, feste Körper, und nur für die, welche im Wasser hervorgebracht wurden, Wasser die besten Fortleitungsmittel sind. Auch die Einwirkung der Quantität des B auf den Schall des A theilt sich in eine qualitative und quantitative. Für die Qualität dieser Art von Einwirkung spricht z. B. die Thatsache, daß, wenn wir eine klingende Glocke ganz unter Wasser tauchen, dieselbe gar nicht mehr klingt, sondern nur ein Geräusch hervorbringt, wenn wir sie aber blos ein wenig, etwa mit dem Rande, in Wasser tauchen, wohl noch fortklingt, jedoch in einem tieferen Tone. Quantitativ kann hier die Einwirkung den Schall sowohl räumlich, als zeitlich und auch intensiv anders gestalten. So trägt z. B. eine in einer überall gleich weiten Röhre vibrirende Luftsäule ihren Ton ungleich weiter fort, als wenn die Röhre konisch oder so geformt ist, daß sie der Luftwelle eine Ausdehnung auch in die Breite gestattet. Blaseinstrumente, welche mit einer dickeren Wand ihre Luftwelle einschließen, geben auch einen dumpfern, so zu sagen dickern Ton, als solche, deren Wände dünn sind. Ist der Luftraum, in welchem ein Schall hervorgebracht wird, kein unendlicher, sondern ein begränzter, so ist jener stärker als im umgekehrten Falle, und um so stärker, je heftiger die fortschreitenden Schallwellen an einem ihnen entgegenstehenden, ihr Fortschreiten hemmenden Körper gebrochen und zurückgeworfen werden, oder je engere Schranken ihnen gesetzt sind, sich nach verschiedenen Seiten auszudehnen, vielmehr sie alle, wie bei Hörrohren, sich zuletzt wieder auf einem Punkte vereinigen oder doch, wie bei Sprachrohren, immer nur in mehr gerader Linie fortgehen müssen.

§. 6.
Fortsetzung.

Jenes Brechen und Zurückwerfen der Schallwellen hat aber, außer der Verstärkung des Schalles, noch zwei andere Wirkungen oder kann sie doch haben, nämlich den Nachhall und Wiederhall oder das Echo. Es sind dies zwei im praktischen Leben oft als sehr räthselhaft vorkommende Erscheinungen, weshalb wir ihnen, wenn auch nur in Kürze, eine besondere Aufmerksamkeit schenken wollen.

Beide Erscheinungen hängen von der Weite des Raumes ab, welchen die Schallwellen zu durchlaufen haben, ehe sie gebrochen und zurückgeworfen werden, und von dem Standpunkte des Hörenden. Ist die Länge des Raumes von dem schallenden Körper bis zu dem, wo die Schallwellen sich brechen 2c., nur so groß, daß während der Zurückwerfung der letztern der schallende Körper noch zu schwingen fortfährt, so begegnen sich die neuen und die zurückgeworfenen Schwingungen, falls die letzteren durch den zurückwerfenden Körper keine andere Richtung bekommen haben, und es entsteht durch das Kreuzen der verschiedenen Wellen eine solch heftige Bewegung unter denselben, daß der Schall bedeutend und häufig zwar so bedeutend verstärkt wird, daß der erst erzeugte Ton hinsichtlich seiner intensiven Eigenschaften und somit hinsichtlich seiner eigentlichen Wirkungen beträchtlich darunter leiden, aber bei mäßigem Verhältnisse auch sehr in solcher Hinsicht verbessert werden kann. Man hat daher schon oft darüber nachgedacht, wie z. B. ein Musiksaal, ein Schauspielhaus 2c. eingerichtet seyn müsse, um eine solche nützliche Kreuzung der Schallwellen darin zu erzielen, aber hat bis heute noch nie eine allgemein anwendbare Constructionsregel dafür ausfindig machen können. Ist aber die Länge besagten Raumes so groß, daß der schallende Körper bereits aufgehört hat zu

schwingen und die Schallempfindung bereits geendet ist, wenn die Wirkung der Zurückwerfung der Schallwellen das Ohr trifft, so entsteht keine intensive Verstärkung des Schalles mehr, sondern eben das, was wir Nachhall nennen, und was eigentlich eine schwächere Wiederholung des ersten Schalles, jedoch ohne merkliche Unterbrechung, also eine unabsichtliche Verlängerung der ersten Schallempfindung ist. Und ist endlich die Länge besagten Raumes so groß, daß die Empfindung des Nachhalles sich nicht mehr unmittelbar an die Empfindung des ersten ursprünglichen Schalles anschließt, sondern eine merkliche Unterbrechung zwischen beide Empfindungen tritt, so entsteht eine förmliche Wiederholung des Schalles oder das, was wir Wiederhall oder Echo heißen, und das sogar, da die Schallwellen mehrfach gebrochen und zurückgeworfen werden können, in mehrfacher Anzahl zum Vorschein kommen kann. Tritt dieser Fall ein, und zwar so, daß das Ohr die verschiedenen Halle nicht nur nicht vom ursprünglichen Schalle, sondern auch sie selbst nicht von einander der Zeit nach zu unterscheiden vermag, so ist die Folge dieser mehrfachen Brechung ein längerer Nachhall, im andern Falle kommt wirklich ein sogenanntes und oft bewundertes mehrfaches Echo zum Vorschein.

§. 7.

Fortsetzung.

Und was darnach endlich auch noch den Einfluß betrifft, den die den schallenden Körper m i t t e l b a r berührenden anderen Körper auf den Schall haben oder doch haben können, so soll der Kürze wegen bei der folgenden Erklärung der schallende Körper **A**, das Mittel zwischen ihm und dem durch dieses auf seinen Schall einwirkenden Körper **B**, und letzterer selbst **C** heißen.

Angenommen nun, **B** und **C** seyen feste Körper, wie oft der Fall ist, so gilt die Regel, daß ein durch feste Körper

oder durch die Luft verbreiteter Schall alle Körper in Bewegung setzt, welche in denselben Zeiträumen zu schwingen vermögen, und auf dieser Regel beruht ein großer Theil der Constructionskunst unsrer musikalischen Instrumente. Die Saiten unserer Clavierinstrumente stehen mit dem Resonanzboden an und für sich in keiner Verbindung, und doch verstärkt dieser ihren Schall so merklich! — das kommt durch das Aufliegen der Saite hinter einem eisernen Stifte auf dem Stege: dieser theilt die schallenden Schwingungen der Saite auch dem Resonanzboden mit. Aehnliches, ja ziemlich dasselbe bewirkt der aufrecht stehende Stab in den Geigeninstrumenten: durch den Steg empfängt erst der Resonanzboden und dann jener Stab die Vibration, dieser theilt sie dem Boden mit, und so schwingt fast der ganze Instrumentenkörper gleichzeitig mit der Saite, was den Ton dieser bedeutend verstärken muß. Wenn wir in einem Zimmer einen Schall erzeugen, so klingt jeder Gegenstand im Zimmer mit, der denselben Ton zu geben im Stande ist, weil das Medium der Luft jenen in eine gleiche Schwingung versetzt. Ja sogar die Körper klingen mehr oder weniger mit, welche blos aliquote Theile, also die uns schon früher bekannt gewordenen natürlichen oder mitklingenden Töne des ursprünglichen Schalles enthalten oder anzugeben vermögen. Wo **B** ein fester Körper ist, besteht die Wirkung gewöhnlich blos in einer Verstärkung des Schalles von **A**, und kann sie also immerhin nur nützlich seyn; wo **B** aber Luft ist, kann die Wirkung, eben weil sie hier eine ungleich mehr merkbar mittelbare ist, auch ein störendes Hallen noch mit im Gefolge haben, und es ist daher bei der Einrichtung von Musiklocalen, Theatern, Kirchen ꝛc. wohl darauf Rücksicht zu nehmen, daß alle schallfähigeren Körper daraus entfernt bleiben oder doch nur so angebracht werden, daß erzeugte Töne keine zu starke Wirkung darauf hervorzubringen vermögen, weil sonst ihr Mitschall leicht eine Undeutlichkeit

in der Wahrnehmung jener erzeugt. Man kann die Erfahrung davon in Kirchen oder Sälen mit vielen hölzernen oder metallenen Säulen, Stäben rc. machen.

Für den Fall, daß B ein fester, C aber ein elastisch flüssiger Körper ist, gilt dieselbe Regel, auch für den Fall, daß umgekehrt B ein elastisch flüssiger, C aber ein fester Körper ist. Deshalb wirkt z. B. eben sowohl die in einem Instrumente befindliche Luft auf den Klang mit als die außerhalb demselben befindliche, weil jene durch den Resonanzboden in gleiche Schwingungen versetzt wird wie diese durch die Saiten, da die Schwingungen des Resonanzbodens von den Saiten erzeugt wurden. Und deshalb gerade geschah es, warum die Alten in ihren Theatern sogenannte Schallbecher oder sogenannte Schallvasen zwischen den Sitzen der Zuschauer anbrachten.

Endlich können dem C auch, mag es ein fester oder flüssiger Körper seyn, durch sowohl feste als flüssige B die Schwingungen des A mitgetheilt werden, was wir von jeder Orgel wissen, deren starke Bässe nicht blos den Pfeifenkörper, sondern die ganze Umgebung stark erschüttern. Und deshalb schallt z. B. im Winter bei lockerem Schnee eine Trommel oder welcher andere Laut bei Weitem anders und um Vieles nicht so weit, als wenn der Schnee gefroren ist rc.

§. 8.

Schall, Hall, Gall, Klang.

Bis daher gebrauchten wir das Wort Schall in seiner allgemeinsten Bedeutung, in welcher es alles Hörbare bezeichnet; doch hat es auch noch einen engeren speciellen Sinn, in welchem es blos das Phänomen bezeichnet, das der schwingende Körper durch die unmittelbar von ihm ausgehenden Schallwellen in unserm Ohre durch Erschütterung desselben bewirkt. Diesem Schalle insbesondere nun steht entgegen der

Hall oder die Wirkung der von einem sie hemmenden Gegenstande rückwärts schreitenden und das Ohr auf diesem Wege abermals berührenden Schallwellen, wie solche schon oben auch in ihren Unterarten als Nachhall und Wiederhall erklärt wurde. Und dem Schalle sowohl als dem Halle wieder steht gegenüber, als gewissermaßen deren höchste Potenz, der Gall, seines stärkeren Anlautes wegen, denn Gall wird nur das genannt, was unser Ohr mit der größten Stärke durchdringt, und auch das noch davon zurückbleibende Getöse. Was darnach dann endlich Klang genannt wird, ist ebenfalls bereits früher gesagt worden: ein Schall, der aus vollkommen gleichmäßigen Schwingungen hervorgeht.

§. 9.

Qualitativ und quantitativ verschiedene Beschaffenheiten des Schalles und Klanges.

Demnach unterscheidet sich der Schall, kehren wir wieder zu der ersten allgemeinen Bedeutung des Worts zurück, durch verschiedene und zwar sowohl qualitativ als quantitativ verschiedene Beschaffenheiten.

Die Qualität eines Schalles oder insbesondere Klanges hängt ab: einmal von der Qualität der Masse und Form der Molecule, und dann auch von der Qualität der Schwingungen des schallenden Körpers. In ersterer Hinsicht nennen wir sie den Timbre des Klanges, weil wir im Deutschen kein Wort dafür haben und das oft dafür gebrauchte Wort Klangfarbe gar zu unbestimmt ist; und in letzterer Hinsicht kommen die Gleichheit oder Ungleichheit der Räume und Zeiten, in welchen die einzelnen Schwingungen sich wiederholen, und die Gestalt in Betracht, welche der Körper bei seinen Schwingungen abwechselnd annimmt. Dies wissen Geigenspieler und Clavierinstrumentenmacher am besten, da ihnen aus Erfahrung bekannt ist, wie viel hinsichtlich der

Qualität des Tones darauf ankommt, wo sie die Saiten ihres Instruments anstreichen oder mit dem Hammer anschlagen lassen. Solchen Anschlags- oder Anstreichspunkt verändert, ändert sich auch sogleich die — so zu sagen — Ton- oder Klangfarbe, weil jetzt die Saite eine andere Gestalt während ihrer Schwingungen annimmt. Und auf der Gleichheit oder Ungleichheit der Räume und Zeiten, in welchen die Schwingungen geschehen, beruht eben — wie wir wissen — der Unterschied zwischen einem wirklichen Klange und einem bloßen Geräusche.

Quantitativ kann ein Schall oder Klang sowohl an und für sich, intensiv oder in seiner Masseerscheinung, ob schwächer oder stärker, als graduell oder in Hinsicht der Menge seiner Schwingungen innerhalb einer gewissen Zeit, ob höher oder tiefer, und auch in Hinsicht seiner Zeitdauer, ob länger oder kürzer dauernd, verschieden seyn. Worauf alle drei Verschiedenheiten beruhen, haben wir oben schon gesehen: die Stärke eines Klanges hängt ab einmal von dem Grade der Elasticität des schallenden Körpers und seiner Molecule, so wie von der Stärke seiner Schwingungen, dann auch von der Beschaffenheit des die Schwingungen erregenden Körpers und von der Beschaffenheit des Körpers, in oder an welchem die Schwingungen geschehen, — ein Mehr hier bringt auch ein Mehr dort hervor; Höhe und Tiefe hängen ab von der Menge der Schwingungen, welche ein Klang innerhalb einer gewissen Zeit macht — je mehr, desto höher, je weniger, desto tiefer, und mehr Schwingungen können immer die elastischeren und nicht so moleculereichen Körper, weniger die unelastischeren und massiveren machen, was der Saitenchor eines Instruments und die verschiedenen Holz- und Metallarten am besten beweisen; und die längere oder kürzere Dauer eines Klanges hängt natürlich ab einmal von allen jenen Ursachen zugleich, auf denen die intensive und graduelle Verschie-

denheit desselben beruht, und dann auch zum Theil noch von der Heftigkeit, mit welcher die Schwingungen geschehen, indem je heftiger die Erregung war, in der Regel auch desto länger die Schwingungen andauern.

Im letzten (dritten) Kapitel dieses ersten ausschließlich theoretischen Theils unsers Buchs kommen wir behufs einer weitern Entwickelung ihrer Ursachen noch einmal auf diese verschiedenen Beschaffenheiten eines Schalles oder Klanges zurück, und es wird sich daher dort auch Gelegenheit bieten zu einer noch weiteren specifischen Unterscheidung ihrer eigentlichen Merkmale: hier müssen um des bessern Zusammenhangs willen zuvörderst diejenigen Gegenstände zur Sprache gebracht werden, welche wir gewöhnlich anwenden, Schalle, Klänge und Töne zu erzeugen.

Zweites Kapitel.

Die verschiedenen Mittel und Arten der Tonerzeugung im gewöhnlichen Leben.

§. 10.

Die Saiten.

Die nächsten und allbekanntesten, auch wirksamsten unter diesen Gegenständen sind Saiten. Wird aller Klang und aller Schall hervorgebracht nur durch Schwingung eines Körpers, so erzeugen natürlich auch sie einen Klang oder Ton erst dann, wenn sie in Schwingung versetzt worden sind, und es kommt daher behufs ihrer diesseitigen Beschauung, wie bei allen folgenden Gegenständen, darauf an, einmal daß wir die Schwingungen selbst erst, die sie machen, näher untersuchen, und dann auch die Art und Weise, auf welche sie zum Zwecke wirklicher Klang- oder Tonerzeugung in Schwingung versetzt werden und werden müssen.

Alle Saiten können nach zweierlei Richtungen oder auf zweierlei Art schwingen: transversal und longitudinal oder der Breite und der Länge nach. Nur von den transversalen Schwingungen werden in der Musik Gebrauch gemacht und sie sind daher die wichtigsten. Sie können geschehen ohne und auch mit Schwingungsknoten. Ersteres ist

der Fall, wenn die stehende Schwingung der Saite unmittelbar erzeugt wird, und diese giebt dann stets ihren Grundton, d. h. den tiefsten Ton, dessen sie fähig ist. So z. B. bei der Harfe, auch bei den Clavieren, allen Geigeninstrumenten, wenn diese nicht im Flageolet gespielt werden. Die Schwingung mit Schwingungsknoten hat statt, wenn die stehende Schwingung einer Saite mittelbar durch eine zunächst erregte fortschreitende Schwingung bewirkt oder wenn die Saite beim Schwingen an einer Stelle leise berührt wird, wie beim Flageolet der Geigen rc.; alsdann nämlich theilt sie sich in eine von der besonderen Art dieser Erregungs- oder Berührungsweise abhängige Zahl gleicher Theile ein, von denen stets je zwei durch einen Schwingungsknoten getrennte Theile nach entgegengesetzten Richtungen schwingen, so daß jeder Theil gewissermaßen eine eigene Saite zu seyn scheint und also auch die Höhe des Tones blos der Länge des einzelnen Theils entspricht. Ist daher dieser Theil z. B. gerade die Hälfte der ganzen Saite, so ist der Ton die Octav des Grundtons der letztern; ist er blos ein Drittel, so ist der Ton die Quinte der Octav rc. Jeder Geigenspieler weiß das ganz genau, denn sein ganzes Flageoletspiel beruht auf diesem akustischen Lehrsatze.

Bei den longitudinalen Schwingungen verhält sich das Alles eben so, und es unterscheiden sich dieselben von den transversalen also nur dadurch, daß, wie wir früher schon erfuhren, ihr Ton ein viel höherer, schärferer rc. ist. Doch insofern, wie gesagt, in unserem praktischen Leben gar kein Gebrauch davon gemacht wird, brauchen wir auch diesen Unterschied nicht weiter zu untersuchen.

§. 11.

Die Luftsäule.

Der zweite Körper, dessen wir uns im praktischen Leben zur Tonerzeugung bedienen, ist eine Luftsäule, welche zu

dem Ende auf eine gewisse Art in Schwingung versetzt wird, welche letztere immer eine longitudinale ist, bei der die schwingenden Theilchen in der Richtung der Länge abwechselnd sich verdichten und verdünnen. Doch kommt dabei auch viel wieder auf die Begränzung der Luftsäule selbst an, ob dieselbe nämlich, nachdem sie natürlich seitwärts immer von einer Röhre (Pfeife) eingeschlossen seyn muß, oben und unten ebenfalls wieder blos von einem äußern Luftraume oder auch an einem Ende von einem festen Körper hinsichtlich ihrer Länge abgegränzt wird, mit andern Worten: ob die Röhre, in welcher die tönende Luftsäule schwingt, an beiden Enden offen oder ob sie an einem Ende verschlossen ist.

Offen an beiden Enden sind unter den musikalischen Instrumenten alle diejenigen, welche mit dem Munde angeblasen werden, und unter den Orgelpfeifen alle sogenannten offenen Labial-, Kern- und Zungenregister. Bei denen, welche an einem Ende verschlossen sind, ist wieder zu unterscheiden, ob der Verschluß blos ein theilweiser oder ob er ein ganzer, völliger ist. Ersteres ist bei den sogenannten halbgedeckten Orgelpfeifen, als Rohrflöte ꝛc., und beim Horn durch das sogenannte Stopfen der Fall; letzteres bei allen sogenannten ganz gedeckten Kern- und Labialpfeifen der Orgel. Demnach zerfallen alle gebräuchlichen Blasinstrumente akustisch in drei Klassen: offene, halb gedeckte und ganz gedeckte. Jedoch nur auf das Ende, das demjenigen, wo das Instrument angeblasen wird, entgegengesetzt ist, bezieht sich diese Eintheilung; das Anblasende ist immer, wenn auch nur theilweise offen, nur hat die Art und Weise der Oeffnung wieder einen wesentlichen Einfluß einmal unmittelbar darauf, wie die in der Röhre befindliche Luftsäule in Schwingung, und in welche Art von Schwingung sie gesetzt wird, und dann dadurch mittelbar auch auf die Qualität des Tones selbst, der durch jene Schwingungen erzeugt wird. Ist nämlich das Ende selbst

offen, wie z. B. beim Horne, der Trompete, Hoboe rc., so hängt von seiner mehr oder wenigeren Verengerung beim Anblasen ab, ob die im Instrumente befindliche ganze Luftsäule in kleiner- oder größerförmige, schnellere oder langsamere Schwingungen versetzt wird, und ob also der dadurch erzeugte Ton ein höherer oder tieferer ist; sind außerdem aber auch noch Seitenöffnungen an der Röhre vorhanden, so hängt von deren Oeffnung oder Verschluß auch noch ab, ob blos ein Theil oder das Ganze der im Instrumente befindlichen Luftsäule in Schwingung versetzt wird und so verschiedene Schwingungsknoten (hier eigentlich Knotenflächen) entstehen, welche die ganze Luftsäule in verschieden große Theile theilen und so auch zur Erzeugung der verschiedensten Töne auf ein und demselben Instrumente, also mit immer ein und derselben Luftsäule Gelegenheit geben. Demnach kommen denn die Schwingungen einer Luftsäule mit denen einer Saite darin überein, daß zwei durch einen festen oder ruhigen Punkt (Schwingungsknoten, Knotenfläche) von einander getrennte Theile stets nach entgegengesetzter Richtung sich bewegen, und beruht auf dieser Thatsache wesentlich die Art und Weise der Construktion und Behandlungsweise jener Blasinstrumente mit Tonlöchern.

§. 12.

Stäbe.

Ein dritter Körper, welchen wir im praktischen Leben zur Tonerzeugung benützen, sind Stäbe, und sowohl krumme als gerade Stäbe, wie z. B. bei Schlaguhren, bei mehreren, nämlich denjenigen Instrumenten, wo der Ton durch Reibung hölzerner oder metallener Stäbe an einem Cylinder oder an einem Luftzuge hervorgebracht wird (Aeolodicon, Physharmonica, Terpodion rc.), bei den allbekannten Stimmgabeln rc.

Die Schwingungen gerader Stäbe zunächst sind, was zuvörderst ihre Qualität anbelangt, entweder primär oder

secundär. Unter den ersten, den primären Schwingungen, sind die wichtigsten die tangential-longitudinalen, welche hervorgebracht werden, indem man den Stab der Länge nach mit dem Finger oder mit einem Stückchen Tuch oder mit einer andern weichen Materie streicht, die, wenn der Stab von Glas ist, mit Wasser benetzt und mit einem feinen, aber scharfen Sande, wenn aber der Stab von Holz oder Metall ist, trocken mit Colofonium bestrichen wird, wie bei dem Buschmannschen Terpodion oder Kaufmannschen Harmonichord. Auf den Ton selbst dann ist auch die Haltung des Stabes von bedeutendem Einflusse, ob er nämlich an beiden Enden frei, oder an beiden Enden befestigt, oder ob blos an einem Ende befestigt, am andern aber frei ist. Ist der Stab an beiden Enden frei, wie z. B. bei Gussikows bekannter Strohfidel, so ist der Ton immer ein höherer, weil sich alsdann je nach Art der Erregung mehr Knotenlinien auf dem Stabe bilden können, als wenn dieser an einem Ende befestigt ist, in welchem Falle er fast seiner ganzen Länge nach schwingt. — Eine andere primäre Schwingungsart bei geraden Stäben ist die tangential-transversale, welche sich von der longitudinalen dadurch unterscheidet, daß nicht die Knotenlinien der einen Fläche zwischen denen der andern, sondern an beiden Oberflächen der Stäbe beständig einander gegenüber liegen, was aber den Ton selbst nicht ändert, so daß also dieser hier kein anderer ist als bei der longitudinalen Schwingung, was einen auffallenden Unterschied zwischen den Schwingungen der Saiten und Stäbe bewirkt. — Eine dritte hieher gehörige Schwingungsart ist die tangential schiefe, worunter wir diejenige verstehen, die in Ansehung ihrer Richtung zwischen den ersten beiden liegt, die aber gleichfalls keinen andern Ton hervorbringt als die tangential-longitudinale. — Dasselbe ist der Fall mit der vierten Art, den normalen Schwingungen, die oft auch gleichzeitig mit den longitudinalen erscheinen, und

dann nur noch eine größere Helle, Reinheit und Stärke des Tones bewirken, so wie auch der Ton von schiefen Schwingungen zwar jedenfalls etwas schwächer als der von normalen, aber doch stärker als der von blos tangentialen seyn muß, weil immer die Wirkung der Ursache entspricht und diese hier eine der Normalität sich schon nähernde Schwingung ist. — Eine sechste endliche primäre Schwingungsart bei Stäben ist die krummlinige oder drehende, rotatorische oder lieber spiralförmige, welche an cylindrischen Stäben mit einer recht glatten Oberfläche erscheint, eine Richtung nach rechts oder links um den ganzen Cylinder herum hat, und auf ziemlich gleiche Weise wie die tangential-longitudinale erzeugt wird, daher auch hinsichtlich ihrer Knotenlinien, also ihrer Tonerzeugung mit dieser die größte Aehnlichkeit hat.

Die secundären oder transversalen Schwingungen eines elastischen Stabes werden dadurch erzeugt, daß man diesen an irgend einer Stelle so schlägt, reißt oder mit einem Geigenbogen streicht, daß eine Biegung entsteht. Ist dann der Stab kein cylindrischer, sondern ein prismatischer, so geht die Richtung der Schwingungen entweder in die Breite oder in die Dicke und die Richtung der Biegung stimmt damit überein; nur kommt es hinsichtlich der Beschaffenheit des zu erzeugenden Tones noch sehr darauf an, einmal ob der Stab an beiden Enden frei liegt und nur an der Stelle einer Knotenlinie gehalten wird, oder ob er blos an einem Ende frei und mit dem andern an einen festen Körper angestemmt ist, oder drittens ob er an einem Ende frei und am andern ganz fest ist, oder viertens ob er mit beiden Enden an einen andern festen Körper angestemmt ist, oder fünftens an einem Ende an einen festen Körper angestemmt und am andern ganz fest, oder endlich sechstens ob er an beiden Enden ganz fest ist. Je nachdem nämlich der eine oder andere von diesen sechs möglichen Fällen statt hat, ändert sich bei

sonst gleicher Qualität und Größe des Stabes auch der Ton, weil sich die Knotenlinien ändern: der frei liegende Stab klingt am höchsten und sein Ton vertieft sich, je mehr er auf die eine oder andere Weise in dieser Freiheit gehindert wird. Auch kommt in gleicher Beziehung noch viel auf die Elasticität und Gestalt des Stabes an. Ein Stab, der blos seiner Länge nach elastisch ist, muß anders klingen, als ein solcher, der diese Eigenschaft auch nach Seiten seiner Breite und Dicke hat; der Ton von Holzstäben ist daher anders als der von sonst gleich großen Metallstäben, nämlich bedeutend höher, aber nicht so hell und klar. Eben so giebt ein runder oder abgerundeter Stab einen andern Ton als ein anders geformter und zwar aus Gründen, welche schon oben bei den primären Schwingungen angegeben wurden.

Um endlich auch zu dem praktischen Gebrauche gerader Stäbe behufs ihrer Tonerzeugung überzugehen, so kommen bis jetzt dieselben nur in zwei verschiedenen Haltungen vor, einmal nämlich als an beiden Enden frei schwingend, und dann blos noch als an einem Ende befestigt und nur am andern Ende frei schwingend. In erster Art treffen wir sie bei dem Clavicylinder, bei dem Euphon, der schon erwähnten Strohharmonika rc.; und in letzter Art bei der sogenannten Eisenvioline (Nagelgeige, Nagelharmonika), bei dem Terpodion, Kaufmanns Harmonichord, bei dem Nagelclavier rc.

§. 13.

Fortsetzung.

Der Unterschied zwischen dem Tone, welchen gerade, und dem, welchen krumme Stäbe von sich geben, beruht lediglich auf dem Einflusse, den die Krümmung selbst darauf zu üben vermag, und dieser ist blos je nachdem die Stäbe primäre (longitudinale) oder secundäre (transversale) Schwingungen machen ein verschiedener, denn was die Art

der Schwingungen an und für sich betrifft, so können krumme Stäbe eben sowohl alle jene Schwingungen machen, welche wir vorhin bei Betracht der geraden Stäbe kennen lernten, als diese selbst.

Bei longitudinalen Schwingungen nun gestaltet sich das Verhältniß jenes Einflusses der Krümmung auf den Ton dermaßen, daß, wenn ein elastischer und an beiden Enden freier Stab von gleich bleibender Länge so gekrümmt ist, daß er successiv die Gestalt von $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, 1 ganzen Umkreis annimmt, sich folgende Bestimmungen ergeben: der Grundton, welchen der ganze Kreis giebt, stimmt mit dem zweiten Tone des halben Kreises überein und ist um eine Octave höher als der Grundton des Viertelkreises; der zweite Ton des ganzen Kreises ist um eine Octave höher als der erste Ton des halben Kreises; der dritte Ton des ganzen Kreises ist um eine Octave höher als der erste Ton des Dreiviertel-Umkreises; und der zweite Ton des Viertelkreises ist um eine Octave höher als der erste Ton des Achtelkreises ꝛc. Und in Betreff der Erregung transversaler Schwingungen bei krummen Stäben gilt zunächst die Regel, daß bei allen Arten der Biegung diejenige Stelle des klingenden Körpers, welche durch Streichen mittelbar oder unmittelbar in Bewegung gesetzt werden soll, dem nächsten Schwingungsknoten nicht zu nahe seyn darf, weil sonst gar kein oder doch nur sehr schwer ein Klang zum Vorschein kommt. Dann hat auf die Art dieses Klanges bedeutenden Einfluß: einmal ob die Stäbe blos an den Enden gekrümmt sind, oder ob sie zweitens blos in der Mitte oder doch nahe bei derselben gekrümmt, oder ob sie drittens ihrer ganzen Länge nach gekrümmt sind. In Beziehung auf den ersten Punkt nämlich hat die Erfahrung bestätigt, daß die Biegung eines Stabes an den äußersten Enden seinen Ton erhöht und zwar in dem Grade, in welchem die Biegung selbst, nicht von Seiten ihres Umfangs,

sondern von Seiten der Krümmung zunimmt; und daß die Biegung eines Stabes nach seiner Mitte zu seinen Ton erniedrigt, und zwar in dem Grade, in welchem dieselbe sich der Mitte nähert, mithin an Umfang zunimmt. Krumme Stäbe, welche blos in der Mitte oder doch nahe bei der Mitte gebogen sind, wie alle Gabeln, kommen am häufigsten im praktischen Leben vor, und so wollen wir denn auch den Einfluß dieser Art von Biegung auf den Ton um so aufmerksamer betrachten. Bei einer Biegung in der Mitte nähern sich die beiden Knotenlinien des geraden Stabes und zwar um so mehr, je mehr die beiden Enden des Stabes einer parallelen Lage gleichkommen, so daß sie bei dieser Lage fast als nur eine einzige Knotenlinie gelten können: ist das aber der Fall, so muß sich auch der Ton eines so gekrümmten Stabes um so viel vertiefen, als das Nähern der beiden Knotenlinien zu fast einem Punkte beträgt, und daher kommt es, daß z. B. eine Stimmgabel um fast eine kleine Sexte tiefer klingt, als der Ton ist, den die Gabel, zu einem geraden Stabe aus einander gebogen, als solcher geben würde. Bezüglich des dritten Punktes, also wo die Stäbe ihrer ganzen Länge nach gebogen sind, können dieselben entweder an einer Stelle noch offen oder auch an beiden Enden zu einem förmlichen Ringe vereinigt seyn. Ein offener solcher Stab hat entweder die Gestalt eines Ringes, aus dem ein Theil herausgeschnitten ist, oder ist er spiralförmig. Beide Biegungsarten erscheinen hinsichtlich ihrer Schwingungen blos als Abänderungen derjenigen Biegungsart, bei der nur die Enden gekrümmt sind. Beim offenen Ringe nämlich liegen die beiden Knotenlinien der Oeffnung gegenüber so ziemlich gerade in der Mitte, und bei einer spiralförmigen Biegung liegen dieselben dem Ende des übergebogenen Schenkels gegenüber und demnach bemißt sich nun von selbst auch, oben gegebener Tabelle zufolge, die verschiedene Klang- und Tonwirkung.

Ein wirklicher Ring dagegen theilt sich bei seinen Schwingungen in 4, 6, 8, 10 oder noch mehr gleiche Theile. Legt man ihn horizontal auf eine Unterlage und versetzt ihn durch senkrechtes Streichen, etwa mit einem Violinbogen, in Transversalschwingungen, so erhält man daher, wenn sein tiefster Ton, d. h. derjenige, den er mit vier Schwingungsknoten hervorbringt, z. B. C ist, folgende Töne:

4	6	8	10	12	14	
c	$\overline{\text{fis}}$	$\overline{\overline{\text{fis}}}$	$\overline{\overline{\overline{\text{dis}}}}$	$\overline{\overline{\overline{\text{a}}}}$	$\overline{\overline{\overline{\overline{\text{dis}}}}}$	u. s. w.

Die Zahlen zeigen die Schwingungsknoten bei den darunter genannten Tönen an. Wird dagegen der Ring in der Richtung seines Durchmessers stark gestrichen und dadurch nach dieser Richtung in Schwingung versetzt, so fallen die Töne etwas rauher und höher aus, als bei jener ersten Streichart.

§. 14.

Von den Klang- und Resonanzfiguren.

Nun zu den flächenförmigen Körpern übergehend, die wir im praktischen Leben zur Erzeugung von Tönen und Klängen anwenden, wollen wir zunächst uns mit der Versichtbarung ihrer Schwingungsarten etwas vertraut machen, weil wir alsdann alles Folgende leichter begreifen.

Die Schwingungsarten aller jener Körper sind, wie bei den Stäben, entweder primäre oder secundäre, und auch sind die primären entweder tangential- longitudinal, oder tangential - transversal, oder tangential - schief, oder schief überhaupt, oder endlich auch normal, so wie die secundären blos transversal. Nur die drehenden Schwingungen der Stäbe kommen hier bei den primären nicht vor, weil natürlich eine Fläche nicht rund seyn kann wie ein Stab. Von Seiten der Erregung dann sind die Schwingungsarten dieser Körper ebenfalls entweder unmittelbar oder mittelbar, und von Seiten ihrer Toneizeugung theilen wir sie ein in

selbsttönende, resonirende und klanglose. Sehen endlich kann man die Schwingungen solcher Körper mittelst — um nur das gewöhnlichste Mittel zu nennen — Aufstreuung gewisser Materien auf dieselben, indem sich bei der Schwingung diese Materien an gewissen Stellen, nämlich gerade an den Knotenflächen, welche nicht schwingen, anhäufen. Dergleichen Anhäufungen sind zweierlei Art, welche sich je nach ihrer Gestalt, Lage, Ursache und je nach dem Mittel der Versichtbarung von einander unterscheiden. Nach Seiten ihrer Gestalt sind sie entweder linienförmig oder flächenförmig. Die linienförmigen bilden sich auf den Grenzlinien der einzelnen Theile, in welche sich der schwingende Körper eben bei seinen Schwingungen zertheilt, und es können diese nun dabei einen wirklichen Ton oder auch keinen Ton von sich geben. Die Ursache davon ist, daß jene einzelne Theile immer nach einer entgegengesetzten Richtung schwingen, wodurch der aufgestreute Stoff von den einzelnen Theilen nach beiden Seiten bis auf die ruhenden Linien, wo die Theile sich scheiden, abgeworfen wird. Dieser aufgestreute Stoff besteht meistens und am Zweckmäßigsten aus einem feinen körnigen staubfreien Sande; doch kann es auch eine Flüssigkeit oder das auf die Fläche fallende Sonnenlicht seyn. Ist Flüssigkeit der Stoff, so machen sich die einzelnen Knotenlinien durch ein Kräuseln desselben bemerkbar; das Sonnenlicht läßt sich nur bei glänzenden Metallplatten anwenden, wo dann das Sonnenbild eine immer andere Gestalt bei den verschiedenen Schwingungen annimmt, d. h. sich je nach den verschiedenen Knotenlinien in einen strahlenden Stern umwandelt. Die flächenförmigen Anhäufungen bilden sich an denjenigen Stellen, wo die Excursionen der schwingenden Theile am größten sind und welche daher als die Mittelpunkte der Schwingungen angesehen werden können. Als Stoff dazu dienen ebenfalls wieder entweder ein feiner staubfreier Sand und dieser zwar am

sichtbarsten, oder eine tropfbare Flüssigkeit, nicht aber das Sonnenlicht.

Damit kennen wir Ursache, Lage und Versichtbarung der sowohl linien- als flächenförmigen Schwingungsfiguren, — wie wir jetzt jene Anhäufungen nur noch nennen wollen: nun aber sind auch noch manche andere Punkte übrig, deren Kenntniß zur anschaulichen Uebersicht dieses so höchst interessanten Gegenstandes nöthig ist. Betrachten wir daher jede der beiden genannten Klassen noch einmal insbesondere.

§. 15.

Fortsetzung.

Bei den linienförmigen Schwingungsfiguren oder vielmehr Anhäufungen sind zu dem Ende genau zu beachten: ihre Zahl, ihre Lage, ihre Richtung und ihre Gestalt. Die Umstände, welche auf alle diese vier Punkte einzuwirken vermögen, sind gar mannigfache. Namentlich werden sie mehr oder weniger bedingt sowohl von der Qualität als von der Quantität einmal des schwingenden Körpers selbst, dann auch seiner Schwingungen an und für sich, drittens der Erregung dieser Schwingungen und viertens seiner Haltung. So übt z. B. die Qualität des schwingenden Körpers selbst bedeutend auf die Gestalt, Richtung und Lage der Knotenlinien: Holz, Krystall, Metall, Membranen — jeder Stoff giebt andere Schwingungsfiguren, weil er andere Molecule hat, und auch gerade, runde, krumme 2c. Scheiben geben andere, weil die einzelnen schwingenden Theile sich hiernach anders gestalten; die Qualität der Schwingungsart hat Einfluß besonders auf Zahl, Lage, Richtung und Gestalt der Knotenlinien; eben so die Qualität der Erregungsart, ob die Schwingung unmittelbar durch Stoß oder Reibung oder mittelbar durch einen andern schon schwingenden Körper bewirkt wird; und wieder ebenso die Haltung des schwingenden Körpers. Dasselbe ist

der Fall mit der Quantität aller der genannten Gegenstände. Wir brauchen uns also dabei gar nicht weiter aufzuhalten, sondern können sofort übergehen zu der ferneren und wesentlicheren Eintheilung dieser Art von Schwingungsfiguren in eigentliche, wirkliche Klangfiguren, oder bloße Resonanzfiguren, oder auch nur Figuren ohne allen Klang.

Das Wort besagt schon, was für Figuren wir unter jeder einzelnen dieser drei Klassen zu verstehen haben.

Klangfiguren sind die durch Knotenlinien auf selbst tönenden Körpern erzeugten Figuren, oder — mit andern Worten — solche, bei denen der schwingende Körper selbst einen Ton oder Klang von sich giebt. Es sind dabei zwei Punkte in's Auge zu fassen: ihre Gestalt und ihr Verhältniß zu dem Tone, den der schwingende Körper zugleich von sich giebt. Den letzteren Punkt zunächst betreffend, ist vor der allerdings weit verbreiteten Meinung zu warnen, als ob jeder Ton an und für sich selbst immer eine gewisse Figur gebe, und als ob man z. B. an einer Scheibe durch verschiedene Arten des Griffes nach Belieben gewisse Töne hervorbringen könne. So viel diese Ansicht für sich zu haben scheint, ist sie doch nur halb oder nur bedingungsweise wahr. Mit den flächenförmigen Klangkörpern verhält es sich nämlich eben so wie mit den Saiten und Stäben. Diese sind einer verschiedenen Eintheilungsart während ihres Schwingens fähig, wodurch verschiedene Töne erzeugt werden, die sowohl unter sich als zu dem Grundtone in einem gewissen unveränderlichen Verhältnisse stehen. Theile ich eine Saite genau in 2 Theile, so erhalte ich die Oktave, theile ich sie in drei Theile, so erhalte ich die Quinte 2c., und dieses Verhältniß ist und bleibt bei allen Saiten gleich, mag ihr Grundton seyn, welcher er wolle. Allein die Töne selbst, welche die Saiten auf solche Weise hervorbringen, können gleichwohl sehr verschie-

dene seyn, da ungeachtet jenes gemeinsamen Verhältnisses gleichwohl Länge, Dicke, Spannung und spezifisches Gewicht sehr verschieden zu seyn vermögen und alle diese Dinge auch einen sehr wesentlichen Einfluß auf die Art des Tones haben. Und eben so nun ist es auch bei den Scheiben; auch sie sind gewisser Eintheilungsarten fähig und wie diese als die Ursachen, so müssen die durch die Knotenlinien gebildeten Figuren als die Wirkungen in einem bestimmten Tonverhältnisse unter einander stehen; allein die Töne selbst können, weil sie nicht blos von jener Eintheilungsart, sondern zugleich von dem Umfange, der Dicke, Elasticität ꝛc. der Scheibe abhängen, dabei dennoch sehr verschieden seyn und müssen es z. B. bei zwei Scheiben von gleicher Theilungsart seyn, welche nichtsdestoweniger etwa hinsichtlich ihrer Dicke von einander verschieden sind. Allerdings bei ein und derselben Scheibe wird ein und derselbe Ton auch immer ein und dieselben Klangfiguren hervorbringen, weil hier die Eintheilungsart und alle Ursachen des Tones sich stets gleich bleiben; aber auf zwei verschiedenen Scheiben wird ein und derselbe Ton augenblicklich auch andere Figuren erzeugen, so bald ihre Eintheilungsarten oder kurz ihre Knotenlinien aus diesen oder jenen Gründen auch nur in Etwas von einander abweichen; und verschiedene Töne auf ein und demselben flächenförmigen Körper hervorzubringen, ist ganz unmöglich, außer der Körper läßt etwa eine verschiedene Spannung oder dergleichen zu, in welchem Falle sich übrigens augenblicklich auch seine Knotenlinien ändern. Die Gestalt der Klangfiguren betreffend, so haben diese bei allen Arten von geraden flächenförmigen Körpern sämmtlich Beziehung auf Linien, die quer durch gehen, oder auf Linien, die mit der Circumferenz oder mit Theilen derselben parallel gehen. So bestehen z. B. alle möglichen Klangfiguren einer runden Scheibe aus Diametrallinien und Kreislinien, die einer halbrunden aus Radien und Halbkrei-

sen, die einer rechteckigen aus Linien in die Länge oder in die Quere ꝛc., falls nämlich alle diese Scheiben frei schwingen, und je reiner und gleichmäßiger der Stoff der Scheibe, desto genauer und regelmäßiger auch die Klangfiguren darauf.

Resonanzfiguren oder Klangfiguren resonirender Körper nennt man diejenigen aus Knotenlinien gebildeten Figuren, welche auf Körpern entstehen, die nicht selbst klingen, sondern nur ertönen, wenn sie von den Schwingungen eines selbsttönenden Körpers berührt werden, wie z. B. die Resonanzboden aller unsrer Saiteninstrumente. Solche bloße Resonanzfiguren unterscheiden sich von den obigen wirklichen Klangfiguren durch folgende Merkmale. Bei selbsttönenden Körpern schwingt immer der ganze Körper, seine durch Knotenlinien abgegränzten Theile sind nur seine aliquoten Theile: also sind die Klangfiguren auf ihm auch immer über seine ganze Fläche ausgebreitet; bei blos resonirenden Körpern aber kann vorkommen, daß blos ein Theil davon mitklingt, während die anderen Theile in Ruhe bleiben, und daß daher die Klangfiguren darauf eben sowohl symmetrisch als nicht symmetrisch seyn können. Dann ist eine selbsttönende Schwingung und somit zugleich ihre Klangfigur auch immer unabhängiger von ihrer Erregung als die blos mittönende, bei der stets viel darauf ankommt z. B. von welcher Seite sie die ursprüngliche Erzitterung und in welcher Weite empfängt. Und endlich verändert auf selbsttönenden Körpern die Veränderung der Zahl der Knotenlinien auch immer den Ton, bei blos mittönenden Körpern aber hat diese Zahl gar keinen Einfluß auf denselben, und Resonanzfiguren können also bisweilen ganz so wie die Klangfiguren gestaltet seyn, bisweilen aber auch ganz anders. Im Uebrigen natürlich trifft auch bei den ersten Alles zu, was bei den letztern als Regel galt.

Tonlose Figuren werden von Schwingungen hervorgebracht, die aus irgend einer Ursache nicht auf unser Ohr

wirken, keinen Ton oder Laut von sich geben. Sie entstehen auf gleiche Weise wie die eigentlichen Klangfiguren und haben auch ihre übrige Wesenheit mit diesen gemein, nur sind sie bei unmittelbar erschütterten Membranen am Rande eben so groß als auf den inneren Abtheilungen, während bei wirklichen Klangfiguren die äußern stets viel kleiner sind als die innern, und bei mittelbar erschütterten Membranen werden die verschiedenen Verzerrungen der ruhenden Linien durch die verschiedene Breite der stoßenden Wellen hervorgebracht, während bei tönenden Platten sich die Breite der Wellen gar nicht oder doch nur sehr unmerklich ändert.

Bei flächenförmigen Anhäufungen oder Schwingungsfiguren endlich ist blos zu merken, daß sich dieselben in dem aufgestreuten feinen Pulver bald als runde Häufchen, bald als linienartige Flächen, Segmente einer Scheibe, Dreiecke oder in einer andern ähnlichen Gestalt bilden.

§. 16.
Die Membrane.

Und nun die Schwingungsarten der flächenförmigen Körper selbst auch in Betrachtung ziehend, tritt vor allen unter diesen die Membrane uns als ein vielfach im Leben zum Tongeben angewandtes Mittel entgegen.

Den Stoff derselben anlangend wird dazu, wie die Trommeln und Pauken zeigen, vorzüglich allerhand Fell, Kalb-, Ziegen- oder Eselsfell, verwendet; aber auch aus Pergament und verschiedenen Papiersorten lassen sich taugliche Membrane verfertigen, und noch besser aus Gummi elasticum oder Kautschuk.

Ihrer Hauptwesenheit nach sind die Schwingungen solcher Membrane gleich mit denen der Scheiben und überhaupt aller flächenförmigen Körper, zerfallen also auch im Ganzen in jene zwei Hauptgattungen der primären und secundä-

ren Schwingungen. Die primären Schwingungen werden erregt entweder dadurch, daß man den Rahmen, worauf die Membrane gespannt ist, mit einem Geigenbogen streicht, oder dadurch, daß man die Membrane selbst mit gewissen tönenden Körpern in unmittelbare oder mittelbare Berührung bringt; und welche Unterart von primären Schwingungen, ob tangential-longitudinal oder tangential-transversal, oder tangential-schief, oder schief, oder normal, entstehen soll, hängt von der Richtung des die Schwingung erregenden tönenden Körpers gegen die Membrane und von der Richtung der eigenen Schwingungen desselben ab. Wird nämlich die Membrane von diesem Körper in der Richtung ihrer Längenaxe gestoßen, so schwingt sie tangential-longitudinal; geschieht jenes in der Richtung ihrer Breitenaxe, so tangential-transversal; geschieht es senkrecht, so — normal ꝛc. Indessen kann nur bei der ersten Erregungsart überhaupt eine selbsttönende Schwingung entstehen, sonst nur eine entweder blos resonirende oder gar ganz tonlose. Die secundären oder durchaus transversalen, hier einzig musikalisch brauchbaren Schwingungen dagegen werden dadurch erzeugt, daß man die Membrane mit den Fingern oder mit einem passenden Schlaginstrumente erschüttert, wie bei den Pauken und Trommeln. Auch durch Luft oder auf andere Weise noch können Membrane erschüttert werden, doch hat diese Art der Erregungsweise keinen praktischen Werth. Wie die Erschütterung geschieht, — ihre Wirkung ist immer eine selbsttönende transversale Schwingung. Da eine solche aber größtentheils von der Gleichmäßigkeit der Spannung der Membrane abhängt, diese sich aber nur bei kreisrunden Membranen erreichen läßt, so haben auch alle im praktischen Leben zu musikalischem Gebrauche bestimmten Membrane diese Form und müssen sie haben; und was für Knotenlinien nun die so geformten Membrane bei ihren Schwingungen machen, hängt von der Stel-

lung des Luftlochs ab, aus welchem die durch die Schwingungen ebenfalls erregte Luft hervordringt. Steht dasselbe nämlich gerade der Mitte der Membrane gegenüber, so theilt sich diese gerade in zwei Theile, wie bei der Pauke, und die Knotenlinie ist meist sichelförmig gekrümmt. Im andern Falle, wie bei den Trommeln, kommen mehrere Knotenlinien zum Vorschein und ist daher auch der Ton stets höher, so gewiß die Verschiedenheit dieses bei der einzelnen Membrane an und für sich nur von der Verschiedenheit der Spannung derselben und der Stärke ihrer Erschütterung abhängt, da ein größeres Maaß hier auch einen immer höheren Ton hervorbringen muß, indem die Schwingungen selbst dadurch beschleunigt werden, und je schneller diese geschehen, desto höher überall sich der Ton gestaltet.

§. 17.

Starre Flächen.

Der eigentlichste Gegensatz von den in sich selbst biegsamen Membranen bilden unter den flächenförmigen Körpern die starren Flächen, die nun wieder entweder gerade oder krumme seyn können.

Die geraden zunächst sind aller der verschiedenen Schwingungen fähig, deren wir oben schon flächenförmige Körper überhaupt für fähig erachteten. Die primären unter diesen Schwingungen werden auf zweierlei Weise erzeugt, unmittelbar oder mittelbar; unmittelbar durch Stoßen, Streichen oder Reiben der Fläche nach derjenigen Richtung, die der zu erregenden Schwingungsart entspricht, und mittelbar durch Berührung der Fläche mit einem tönenden Körper. Ebenso verhält es sich mit den secundären oder transversalen, den eigentlich musikalisch brauchbaren Schwingungen dieser Art von Flächen. Auch sie werden entweder unmittelbar oder mittelbar erregt; unmittelbar entweder durch einen festen Körper, z. B. einen Geigenbogen, den man an ein und derselben Stelle des Ran-

des der Scheibe senkrecht auf- und abstreicht, oder durch einen elastisch-flüssigen Körper, namentlich Luftstrahl; und mittelbar immer durch einen auf die Mitte der Platte senkrecht aufgestellten Stab, den man in so starke Longitudinalschwingungen versetzt, daß durch die von ihm der Platte ertheilten Stöße in dieser außer ihren Molecularschwingungen zugleich eine Biegung entsteht.

Welche Erregungsweise bei den secundären Schwingungen angewendet wird — ihre eigene Beschaffenheit hängt außer noch manchen andern Umständen namentlich ab von der Form und Haltung der Scheiben. Jene kann seyn einmal eine geradlinige und zwar entweder eine vier-, drei- oder sechskantige, dann eine krummlinige und zwar entweder kreisrunde oder elliptische, oder drittens auch eine gerade und krummlinige oder halbrunde ꝛc. Welche dieser verschiedenen Formen eine Scheibe hat — bei jeder an und für sich schon sind die Schwingungen anders, zeigen sich besondere, ihr allein eigenthümliche Knotenlinien und somit auch ihr allein eigene Töne. Ebenso verhält es sich mit der Art und Weise, wie wir die Scheibe bei ihren Schwingungen halten oder halten lassen, ob ganz frei schwingend oder an einer und welcher Seite fest, oder auch an mehreren ja selbst allen Seiten fest: auch jeder dieser Umstände hat seinen besondern Einfluß auf die Beschaffenheit der Schwingungen, weil sich jedesmal andere Knotenlinien und somit auch andere Töne zeigen. Indessen so groß und reich demnach die Anzahl der Töne ist und seyn muß, welche sich auf eine der angegebenen Weisen gar mancherlei geraden starren Flächen abgewinnen lassen, praktischen Werth hat eine dahinzielende genauere Untersuchung gleichwohl nicht, weil wir im gewöhnlichen Tonleben so gut als gar keinen Gebrauch von dergleichen Körpern machen. Nur die Wissenschaft als solche kann und darf nicht so leicht über den Gegenstand hinweggehen, weil bei ihr jedes Tonmittel,

auch das allerunpraktischeste, wichtig genug ist und seyn muß, sorgfältige Untersuchungen über seine Klangfähigkeit und Klangerzeugungsweise anzustellen, indem sich nur auf diesem Wege hoffen läßt, endlich einen hellern als blos erfahrungsmäßigen Blick in das eigentliche Wesen dieses so durchaus ätherischen Stoffes zu thun. Die praktische Musik hat kein einziges Instrument, bei dem der Ton aus geraden starren Flächen hervorgeholt würde, wenn nicht die gewöhnlichen allgemeinhin Harmonika genannten Schlaginstrumente dahin gerechnet werden sollen, bei denen man breitere rechteckige Streifen von Holz, Metall oder Glas anwendet, um sie mit zwei Klöppeln zu schlagen und so ihnen je nach ihrer verschiedenen Größe auch einen verschiedenen Ton oder vielmehr Klang zu entlocken. Für Kinder, denen allein man in der Regel dergleichen Tonwerkzeuge als Spielerei in die Hände zu geben pflegt, hat man statt der frei zu gebrauchenden Klöppel auch wohl schon eigene Tastaturen dazu angebracht. In China allein soll wirklich ein Instrument existiren, bei dem gerade starre Flächen der ausschließliche tongebende Körper sind. Es heißt King, und besteht aus mehreren Scheiben, die mittelst eines hinein gebohrten Loches auf einen mit Knoten versehenen Faden gezogen sind, und so frei schwebend mit Klöppeln geschlagen werden, nach Art unsers nachher zur Betrachtung kommenden Glockenspiels. Betreff der Gestalt und Materie der Scheiben schreibt man von dorther, daß darin eine große Verschiedenheit herrsche; bald seyen sie gerad-, bald krummlinig und bald von Glas, bald von einer basaltartigen Steingattung oder bald auch von Metall.

§. 18.

Fortsetzung.

Ganz anders verhält es sich in dieser Hinsicht mit den krummen starren Flächen, indem diese vielfach im praktischen

Leben als wirkliche Tonwerkzeuge gebraucht werden, nämlich in der Form von cylindrischen Röhren, in allen Arten von Glocken und Schellen (Kugeln).

Bei den cylindrischen Röhren, als Gläser ꝛc., hat man bis jetzt nur zweierlei Arten von primären Schwingungen beobachtet, nämlich die longitudinalen und die rotatorischen oder drehenden. Die longitudinalen werden an einer an beiden Enden freien Röhre erregt, indem man die Röhre in der Mitte zwischen dicken Tuchlappen fest faßt und dann mit einem nassen Tuchlappen sie der Länge nach streicht, und die Schwingungen selbst sind dann theils gerade, theils krumme; bei einer an einem Ende ganz fest eingeklemmten Röhre verfährt man hinsichtlich der Schwingungserregung und Tonerzeugung eben so, nur ist der Ton jetzt viel tiefer, weil jetzt eine scheibenähnliche Knotenlinie entsteht, die vom festen Ende ausgeht und ununterbrochen bis zum freien Ende fortläuft. Die drehenden Schwingungen werden erregt, indem man die Röhre an ihrem einen Ende befestigt oder sie an einer andern Stelle festhält und sie nun in der Nähe des andern Endes mit einem nassen oder mit Colofoniumpulver bestreuten Tuchlappen umgiebt, diesen mit zwei Fingern an die materiell entgegengesetzten Stellen andrückt und ihn alsdann um die Peripherie der Röhre herumdreht. Der tiefste Ton, der entsteht, ist um eine Quinte tiefer als der tiefste Ton bei einer Longitudinalschwingung, und bei den höhern (Flageolet-) Tönen theilt sich die Röhre in entgegengesetzt schwingende Abtheilungen, die durch Knotenlinien von einander getrennt sind. Um secundäre Schwingungen bei solchen Röhren oder solchen Cylindern zu erregen, faßt man dieselben in ihrer Mitte locker zwischen zwei Fingern und schlägt sie senkrecht auf ihre Axe. Der Grundton bei solchen Schwingungen ist oft um ganze fünf Octaven tiefer als der bei blos longitudinalen Schwingungen. Als interessant müssen hierbei

insbesondere die Schwingungen eines gewöhnlichen Trinkglases erwähnt werden, da dieses als ein an einem Ende verschlossener Cylinder erscheint. Ueberzieht man die innere und äußere Seite eines solchen Glases mit stark angefeuchtetem Sande und setzt das Glas durch einen Geigenbogen in Schwingung, so vertheilt sich der Sand in 4 oder 6 oder in eine noch größere, aber stets gerade Zahl langer, sehr spitziger Dreiecke, welche ihre Basis am Fuße, ihre Spitzen aber in dem Rande des Glases haben, die Knotenlinien auf der äußern Seite aber decken nicht die auf der innern, sondern liegen immer zwischen denselben, und deshalb schwingen stets je zwei durch eine solche Knotenlinie getrennte Theile abwechselnd nach entgegengesetzten Richtungen.

Von den Schwingungen der Glocken kennt man bis jetzt nur die secundären, und diese werden erregt: entweder durch einen im innern hohlen Raume der Glocke schwingenden Klöppel, oder durch einen Hammer, den eine andere fremde Kraft an die Glocke anschlägt; oder durch einen Geigenbogen, den man senkrecht über die Glockenfläche streicht; oder endlich durch nasse Finger, womit man die Glocke in der Richtung ihres Umkreises reibt. Die Zahl der Theile, in welche sich eine auf solche Weise in Schwingung versetzte Glocke theilt, ist mindestens 4, es können dann aber auch 6, 8 und noch mehr seyn, nur ist ihre Zahl stets eine gerade; die Knotenlinien, wodurch diese Theile sich von einander trennen, durchschneiden sich alle oben am Stiele oder Halse der Glocke, deshalb hört man auch beim Anschlagen einer Glocke vorzüglich nur den tiefsten Ton, dessen sie fähig ist, doch bei gehöriger Aufmerksamkeit zugleich auch noch ein Gemisch von höheren, meist sehr unharmonischen Tönen, weil durch den Stoß, den die Glocke erhält, alle Schwingungsarten zugleich hervorgerufen werden, deren sie überhaupt fähig ist. Einen einzelnen Ton wirklich nur allein auf einer Glocke hervorzu-

bringen, ist nur dann möglich, wenn blos der Knotentheil, der diesen Ton giebt, frei bleibt, alle übrigen aber mit den Fingern festgehalten werden. Daß der Ton einer Glocke viel weniger mit der Entfernung abnimmt, als der Ton eines schwingenden Stabes, wenn er durch keine Resonanz verstärkt ist, geht auf folgende Weise zu. Durch die Biegung der schwingenden Fläche bei einer Glocke wird bewirkt, daß die von der inneren Fläche ausgehenden Schallwellen größtentheils nicht augenblicklich nach Außen sich verbreiten, sondern erst nach einer mehrmaligen Reflexion von den gegenüberstehenden Wänden der Glocke, und so muß der Ton nachhaltiger, also auch weitertragend seyn.

Kugeln schwingen immer sphärisch, d. h. concentrisch um ihren Mittelpunkt herum. Praktischer Gebrauch wird von den krummen starren Flächenkörpern hauptsächlich in der Glocken- und Halbglocken- oder Beckenform gemacht, weniger oder gar nicht in der Röhren- und Kugelform, außer man rechnet — wie gesagt — zu den letzteren die Schellen, die als hohle und offene Kugeln indeß auch wohl zur Glockenform gezählt werden können. Wirkliche Glocken sind die bekannte Glasglocken-Harmonika, wo die genäßten Glocken durch Umdrehen mittelst einer Welle an ebenfalls genäßten Fingern des Spielers gerieben werden; ferner die Kirchenglocken und Glockenspiele in Orgeln, auf Thürmen oder in Orchestern, bei denen die Glocken immer durch Schlag in Vibration gesetzt werden. Becken sind das chinesische Tamtam, die bekannten Cymbeln bei der sogenannten Janitscharenmusik, die Castagnetten 2c.

§. 19.

Erscheinungen beim Zusammenwirken zweier klingender Körper.

Jetzt wäre in unserer Betrachtung der im gewöhnlichen praktischen Leben vorkommenden Klangwerkzeuge wohl die

Reihe an den Zungen; doch diese können nur alsdann zu solchen Werkzeugen dienen, wenn zugleich noch ein anderer, ebenfalls tonfähiger Körper, nämlich Luft, wirksam hinzutritt. Alle Zungeninstrumente also sind solche Instrumente, bei welchen zwei klingende Körper zugleich wirken, und es muß daher wesentlich zum leichtern Verständniß der Beschaffenheit solcher Instrumente beitragen, wenn wir zuvor uns über die mancherlei Erscheinungen überhaupt wenigstens in Etwas näher unterrichten, welche sich beim Zusammenwirken zweier klingender Körper theils in der Regel wirklich zeigen, theils doch zeigen können. Ursache und Wirkung bei jenen Instrumenten treten dann ohne Zweifel viel heller und sofort in's Auge.

Zwei Körper, die entweder beide bereits schwingen, oder deren einer erst durch seine Schwingungen wieder Schwingungen in dem andern erregt, sind von Seiten ihres Stoffes und ihrer Masse entweder einander gleich oder einander ungleich und dies zwar entweder nach Seiten ihrer Quantität oder nach Seiten ihrer Qualität oder auch quantitativ und qualitativ zugleich. Auch können beide Körper gleiche Fähigkeit und Neigung zu gewissen Schwingungen haben oder nicht und dies wieder in bald höherem bald geringerem Grade. Endlich können beide Körper auch einerlei Ton oder können sie jeder einen andern Ton hervorbringen.

Wirken zwei Körper von gleicher Fähigkeit und Neigung zu gewissen Schwingungen zusammen, so tönt entweder blos der eine Körper, während der andere erst durch diesen zum Mittönen gebracht wird, und dann sind die Schwingungen des zweiten denen des erstern isochronisch, folglich auch sein Ton dem des erstern nach Seiten der Höhe gleich, oder sind beide Körper schon vor ihrer gegenseitigen Annäherung selbsttönend, und dann sind ihre Töne entweder identisch (sich ganz gleich) oder sind sie verschieden. Für beide Fälle ein Beispiel.

Schlage ich eine Stimmgabel an und bringe sie in die Nähe eines Claviers oder setze sie gar mit ihrem Fuße auf eine feste Stelle des Resonanzbodens desselben, so tönt augenblicklich auch diejenige Saite des letzteren mit, welche mit der Stimmgabel im Einklange steht. Dasselbe findet bei jedem andern ähnlichen Falle statt, und gleiches Verhältniß waltet auch zwischen zwei Körpern ob, deren Fähigkeit und Neigung zu gewissen Schwingungen zwar nicht ganz gleich, aber doch sich ähnlich und wenn auch noch so wenig ähnlich ist; wirken aber zwei Körper zusammen, deren einer der Schwingungen des andern ganz unfähig ist, so ist auch blos der eine tönend, während der andere in ruhigem Zustande bleibt oder, wenn dies in Folge der Gewalt jenes nicht, zum wenigsten doch nicht selbst einen Ton von sich giebt, oder sind beide Körper selbsttönend, so ist und bleibt der Ton, den sie von sich geben, doch immer ganz verschieden, nur kann im letzteren Falle übrigens auch vorkommen, daß die beiden verschiedenen Töne in einer näheren oder entfernteren Verbindung zu einander stehen und so ein gewisses Klangsystem bilden, wornach, indem jeder der beiden Töne seine Schwingungsart etwas verändert und beide sich hierin gegenseitig nähern, statt jener beiden verschiedenen Töne, die sie als selbstständige Körper gaben, ein neuer zwischen beiden mehr oder weniger mitten inne liegender Ton erscheint. Das will dem Unerfahrnen nicht sofort einleuchten, aber auch Er wird es begreifen, wenn wir nur noch einiges Nähere über die Bedeutung des Wortes Klangsystem zufügen. Man bezeichnet mit diesem Namen die enge Verbindung einer beliebigen Anzahl klingender Körper zu einem solchen Ganzen, das nur einen Ton giebt, welchen aber alle jene Körper gemeinschaftlich hervorbringen. Nehmen wir z. B. zwei Stimmgabeln, deren Töne nur etwas von einander verschieden sind, und binden oder drücken sie fest an einander, so bilden beide Gabeln zusammen ein gemein-

schaftliches Klangsystem, das einen Ton erzeugt, der wegen der gegenseitigen Anstemmung um eine ganze Quinte tiefer ist, als derjenige seyn würde, der zwischen den beiden Tönen, welche die Gabeln getrennt von einander geben, so ziemlich in der Mitte liegen würde, während, wären die beiden Gabeln ganz gleichtönend gewesen, derselbe um eine Quinte tiefer gelegen haben würde als der Ton jeder einzelnen Gabel. Deshalb kann denn auch unsers Wissens von keinem Klangsysteme bei irgend einer Art von musikalischen Instrumenten die Rede seyn, weil bei diesen niemals zwei selbsttönende Körper in solch' unmittelbare Verbindung zu einander gebracht sind, außer bei Kaufmanns Harmonichord, wo ich mir die Thatsache, daß jeder Ton um eine Quinte tiefer klingt als der Grundton der frei angerissenen Saite ist, nicht anders zu erklären vermag, als dadurch, daß der an der Saite befindliche Holzstab, welcher sich an dem Cylinder reibt und dadurch die Saite in Schwingung setzt, ebenfalls für sich den Ton dieser Saite zu geben im Stande ist. Kaufmann hat noch niemals selbst die Erklärung von jener merkwürdigen Erscheinung seines herrlichen Instruments gegeben, und weil Niemand das Innere dieses genau kannte, so ward dieselbe schon auf die verschiedenste Weise gedeutet; allein ein Blick in den Bau, den mir der Freund gestattete, wollte mir auch sofort alles Geheimniß aufhellen. Zwar könnte man glauben, daß die Verschiedenheit der Qualität der beiden schwingenden und selbsttönenden Körper hier, so wie die Verschiedenheit der Erregungsweise auch eine Verschiedenheit in der Schwingungsart und somit nicht minder in der Tonwirkung der Schwingungen hervorbringen müsse, und allerdings auch ist Ersteres, aber nicht das Zweite der Fall. Zwei oder mehrere an Qualität verschiedene Körper zu Einem Klangsysteme vereinigt, sind allerdings auch die Schwingungsarten derselben unter sich verschieden; allein dieser Verschiedenheit ungeachtet ist unzwei-

felhaft, daß, wenn ein solches System unwandelbar mit einander verbundener Körper in eine schwingende Bewegung kommt, welche einen anhaltenden und vernehmbaren Ton zur Folge hat, alle Theile dieses Systems gleichzeitige Bewegungen annehmen, die vollkommen die nämliche Periode halten und mithin auch vollkommen gleiche Töne hervorbringen.

§. 20.

Die Zungen.

Weiter die Instrumente anlangend, bei welchen wir am häufigsten den Erscheinungen überhaupt begegnen, von denen in dem vorangegangenen Paragraphen die Rede war, so sind dies diejenigen, bei welchen eine sogenannte Zunge der eigentlich tonerregende Körper ist, und es kommen sonach diese, die zungenförmigen Körper, als die sechste Klasse von klanggebenden Körpern des gewöhnlichen Lebens zur Betrachtung. Erstgesagtes ist deshalb der Fall, weil bei allen sogenannten Zungenwerken oder Instrumenten mit Zungen immer zwei klingende Körper, nämlich eine schwingende Platte und eine schwingende Luftsäule, zusammenwirken und gemeinsam den Ton bestimmen.

Die Zunge selbst kann von Metall oder Holz oder kann es auch eine membranöse oder blos durch Spannung elastisch gewordene Zunge seyn. Die erste Art ist praktisch wichtiger; bleiben wir daher auch vor allen bei Betrachtung der Zungenwerke mit einer Zunge von steifelastischem Körper (Holz oder Metall) stehen.

Je nach der Gestalt der Zunge theilen wir diese Art von Instrumenten ein in solche mit stabförmigen und in solche mit scheibenförmigen Zungen. Erstere haben entweder gar kein, oder haben sie außer der Zunge noch ein Rohr, das den bewirkten Ton näher modificirt. Zu den stabförmigen Zungenwerken ohne Rohr gehören: die Maultrommel, die

Mundharmonika, die Aeoline oder das Aeolodikon und alle sogenannten Mundstücke gewisser Blas-, nämlich der sogenannten Rohrinstrumente; und Zungen mit einem den Ton modificirenden Rohre kommen bei allen unsern Rohrwerken, also z. B. bei der Clarinette, Hoboe, dem Bassethorn, Fagott, den Trompeten und Posaunen in Orgeln ꝛc. vor.

Die Gestalt einer Maultrommel, ehemals gemeinhin auch Brummeisen genannt, ist so bekannt als ihre Spielart. Das Instrument hat einen Umfang von nur 2 Octaven und auch diese Scala nicht einmal vollständig, so daß sich Virtuosen darauf (und deren giebt es) immer mehrerer, nach Bedürfniß verschieden eingestimmter Maultrommeln zugleich bedienen, um eine vollständige Scala durch jene zwei Oktaven zu haben. Die Töne einer einzelnen Trommel werden in natürliche und künstliche eingetheilt. Die Höhe der ersteren hängt besonders von der Größe der Mundhöhle ab; deßhalb kommt beim Spiele dieses Instruments vorzüglich die Bewegung der Zunge in Betracht, welche nach der Breite anschwillt und sich mit ihrer Basis gegen das Gaumengewölbe erhebt und so einen Canal bildet, welcher dem beim Pfeifen im Munde sich bildenden sehr ähnlich ist. Der Kehlkopf scheint dabei wie eine Windröhre zu wirken. Wenn er sich erhebt, so muß er auch in allen seinen Dimensionen enger werden und dadurch den Luftstrom vermindern, während, so bald er sich senkt, das Gegentheil stattfindet. Da man auch ohne Beihülfe der Lippen spielen kann, indem man das Instrument mit den Zähnen faßt, dann aber nicht so klare und wohlklingende Töne erhält als sonst, so folgt, daß die Thätigkeit der Lippen dazu dient, die von Zunge und Gaumen gebildeten Töne zu verstärken. Die den natürlichen entgegengesetzten künstlichen oder Zwischen-Töne entstehen nur durch Hülfe der natürlichen selbst. Es ist, um sie hervorzubringen, ein langer Athem nöthig, indem man zuerst den

einem solchen Tone zunächst liegenden natürlichen bildet und dann durch einen neuen Luftstoß den natürlichen Ton in den künstlichen umwandelt. Geschähen die Schwingungen der Zunge an und für sich selbst, so würden sie als ausschließlich transversale Schwingungen der unendlich feinen Molecule des Stahls einen sehr tiefen Ton geben, was man auch hört, wenn man sie vor das Ohr hält und frei anschlägt; allein bringt man sie an den Mund und ändert durch verschiedene Bewegungen den innern Raum desselben, so wird, wenn die dem eingeschlossenen Luftraume zukommende Zahl von Schwingungen ein Multiplum von der Zahl der Schwingungen der selbsttönenden Zunge ist, blos der der Mundhöhle zukommende immer höhere Ton gehört. Ist z. B. der Grundton der Zunge C, so können durch Mittheilung ihrer Schwingungen an den Luftraum im Munde durch je immer zunehmende Verengerung dieses folgende Töne auf der einen Maultrommel entstehen:

C, c, g, $\bar{c}$, $\bar{e}$, $\bar{g}$, $\bar{b}$, $\bar{\bar{c}}$, $\bar{\bar{d}}$, $\bar{\bar{e}}$, $\bar{\bar{f}}$, $\bar{\bar{g}}$, $\bar{\bar{a}}$, $\bar{\bar{b}}$, $\bar{\bar{h}}$, $\bar{\bar{\bar{c}}}$ ꝛc. bis $\bar{\bar{\bar{\bar{c}}}}$.
Die drei ersten Töne indessen können nur selten oder gar nicht hervorgebracht werden, weil die Höhlung im Munde nicht groß genug dazu ist.

Aus Allem geht hervor, daß bei diesem Instrumente sowohl als überhaupt bei allen Zungenwerken die Zunge des Instruments und die Luft des Mundes oder der Röhre zusammen isochronische Schwingungen machen, indem entweder der eine Körper allein sich dem andern oder beide sich gegenseitig in Hinsicht der Schwingungszeit accommodiren; und daraus muß gefolgert werden, daß bei diesem Instrumente sich vorzugsweise die Zunge der Luft accommodirt, da obige Tonreihe nicht die Tonreihe der Zunge an und für sich seyn kann, indem dieser, wie dem an einem Ende befestigten, aber am andern freien Stabe, eine ganz andere Reihe von Tönen eigen ist und eigen seyn muß.

Die eigentliche Mundharmonika unterscheidet sich von der Maultrommel nur dadurch, daß bei ihr nicht blos eine, sondern mehrere harmonisch eingestimmte Zungen an ein und demselben Rahmen befestigt sind, und daß die Vibration dieser Zungen nicht durch einen Schlag, sondern durch einen Luftstoß hervorgebracht wird, also auch die Zunge sich nicht nach der Luft accommodiren kann, vielmehr immer selbst- und alleintönend ist.

Die Aeoline oder das Aeolodicon ist wieder der Mundharmonika sehr und noch ähnlicher, als diese der Maultrommel. Es ist nämlich blos eine größere solche Harmonika, bei welcher die Luftlöcher durch Tasten geöffnet und die an die Zungen anblasenden Luftstöße durch einen Blasebalg bewirkt werden.

Und die sogenannten Mundstücke endlich, die zwar nicht für sich allein als Instrumente gebraucht werden, indeß immer auch für sich einen Ton geben können und zugleich das eigentlich tonerregende Werkzeug bei jedem wirklichen Rohrinstrumente sind, bestehen aus einer metallenen oder hölzernen halbcylindrischen oder rechtwinklig primatischen Rinne, die an einer Seite mit einer länglich dünnen elastischen Platte (der eigentlichen Zunge) aus Metall oder Holz ihrer Länge nach bedeckt ist, aber so, daß diese Zunge nur einem Theile nach darauf fest, dem andern Theile nach aber frei darauf liegt, und diese freie Beweglichkeit des einen Theils der Zunge hat zwei Grade, welche sorgfältig von einander unterschieden werden müssen. Entweder nämlich kann sich die Zunge hier nur nach Außen frei bewegen, indem ihr äußerster Rand den Rand der Rinne noch überdeckt, und sie heißt dann aufschlagend, oder sie kann sich nach Außen und Innen frei bewegen und heißt dann durch- oder einschlagend. Auf solchen Mundstücken giebt es also zweierlei Arten von Zungen: aufschlagende und durchschlagende oder freischwin-

gende. Die erstere ist die ältere und noch heute gemein übliche, indem die zweite jüngere Art bis jetzt blos bei einigen Orgelstimmen und auch nur versuchsweise angewendet wurde.

Um nun mittelst eines solchen Mundstücks einen Ton zu erzeugen, muß die Zunge in Schwingung versetzt werden. Das kann auf zweierlei Weise geschehen: entweder unmittelbar, indem man das Ende des Mundstücks mit der Zunge in den Mund steckt und nun Luft hineinstößt, wie bei der Clarinette, Hoboe, dem Bassethorn und Fagott; oder mittelbar, indem man jenes Ende in die obere Oeffnung eines hohlen luftdichten Behälters steckt und dann in die untere Oeffnung desselben die nöthige Luft entweder mit dem Munde (wie ehemals bei dem Bombard und jetzt noch bisweilen bei der Schallmey) oder mittelst eines Blasebalgs (wie bei allen Zungenwerken der Orgel, wo jener Behälter insbesondere auch Stiefel genannt wird) hineinbläst.

Der Ton, den ein Mundstück giebt oder geben soll, hängt hinsichtlich seiner Stärke theils von der Stärke des Anblasens, also von der Heftigkeit des Luftstroms, theils von der Weite der Rinne ab, über welcher die Zunge liegt, weil eben die Luft, die diese Rinne faßt, der Körper ist, welcher ursprünglich den Ton erzeugt; und hinsichtlich seiner Höhe hängt er ab theils von der Dimension und Elasticität der Zunge, theils aber auch von der Heftigkeit des Blasens, weil hiedurch die Schwingungsweite der Zunge bedingt wird, und je größer dieselbe ist, desto geringer die Geschwindigkeit der Schwingungen sich gestaltet, langsamere Schwingungen aber immer einen tieferen Ton geben. Daher kommt es, daß wir bei tieferen Tönen immer mehr Luft und dieselbe stärker in das Mundstück hineinblasen müssen, bei den höheren aber einen immer dünnern Luftstrahl.

§. 21.
Fortsetzung.

Wird nun ein Rohr an das Mundstück gesteckt, wie bei allen sogenannten Rohrinstrumenten oder Rohrwerken, so hat man zwei Körper mit einander vereinigt, deren jeder für sich Töne zu geben im Stande ist, und tritt also der Fall ein, daß zwei selbsttönende Körper gleichzeitig wirken, wobei wir auf alle jene Erscheinungen wieder und nun zwar praktisch zurückkommen müssen, welche wir kurz vorhin schon als ganz natürliche Folgen von einem solchen gleichzeitigen Zusammenwirken zweier oder mehrerer solcher Körper erklärten, denn jetzt tönt nicht blos das Mundstück, sondern tönt auch die Luftsäule in dem Rohre, und so wird der Ton jenes durch diese zugleich modificirt, wobei beide Körper sich hinsichtlich der Schwingungen, die sie machen, einander accommodiren und zwar nach ganz bestimmten physischen Gesetzen, aus deren Vergleichung mit einander sich folgende Thatsachen oder sogenannte Erfahrungssätze ergeben:

1) der Ton, den ein Mundstück giebt, kann auch nach der Verbindung desselben mit einer Röhre unter gewissen Umständen ungeändert bleiben, aber alsdann ist die Luftsäule in dem Rohre jedenfalls nicht groß genug, um auf den Ton des Mundstücks modificirend einwirken zu können, oder ist durch Seitenöffnungen oder dergleichen in so viele Schwingungsknoten eingetheilt, daß die dadurch bewirkten einzelnen Theile, welche jeder für sich allein wirken, keinen andern Ton zu erzeugen im Stande sind.

2) Aendert sich der Ton des Mundstücks nach der Verbindung dieses mit einer Röhre, so kann er nur tiefer, nicht aber höher werden, und die größte Vertiefung, die er auf diese Weise erfahren kann, ist auch nur eine Octav. Wird die Röhre über diejenige Länge, wo diese größte Vertiefung

eintritt, hinaus noch weiter verlängert, springt der Ton in dem Maaße, als man durch gewisse Abstufungen der Länge schreitet, immer wieder auf den ursprünglichen Ton des Mundstücks zurück.

3) Bei gewissen Längenverhältnissen der durch die angefügte Röhre gebildeten Zungenpfeife kann der Ton des Mundstücks, je nach der verschiedenen Stärke des Anblasens, entweder ungeändert bleiben oder sich ändern, d. h. vertiefen. Bei schwachem Anblasen bleibt er unter jenen Verhältnissen unverändert; durch starkes Anblasen aber wird der Ton der Zungenpfeife unter jenen Verhältnissen entweder um eine Octave, oder Quarte, oder kleine Terz, oder um andere kleinere Intervalle, welche den Zahlen $^7/_8$, $^9/_{10}$, $^{11}/_{12}$ ꝛc. entsprechen, unter den Ton des Mundstücks erniedrigt werden, je nachdem der Ton des Mundstücks entweder mit dem Grundtone oder dem ersten, zweiten, dritten, vierten, fünften ꝛc. harmonischen Tone der offen tönenden Röhre, die im Obigen als Maaßstab diente, übereinstimmt.

Daraus erhellt, daß Röhren verschiedener Länge in Verbindung mit ein und demselben Mundstücke nur dann den nämlichen Ton geben, wenn der Theil, um welchen der eine die andere übertrifft, so groß ist, daß er für sich und offen denselben Ton geben würde, als die ganze Zungenpfeife; aber auch daß ein und dieselbe Röhre je nach Verschiedenheit ihres Mundstücks recht wohl verschiedene Töne, ja wohl gar zwei und drei Töne zugleich von sich geben kann, wenn nämlich die Töne der dazu nöthigen Mundstücke unter Modification der Röhre in einem aliquoten Verhältnisse zu einander stehen. Auf letzterem Satze beruht die Construktion von Kaufmanns bekanntem und einst so viel angestauntem Trompetenwerk, bei dem blos acht Instrumente eine sechszehnstimmige Trompeten-Musik ausführen, weil jede einzelne Trompete mittelst eines doppelten Mundkanals auf zwei verschiedenen Mundstücken

steht, die meistens quintenweis zu einander gestimmt sind. Den Grundsatz im Orgelbau angewendet, könnte man sämmtliche Zungenregister mit noch weniger als blos der Hälfte der Pfeifen wie bisher ausführen. Auf den ersten Blick scheint dies kaum glaublich, weil es voraussetzt, daß in ein und demselben Pfeifenkörper, in ein und derselben Röhre zwei und mehr verschieden schwingende Luftsäulen zugleich müssen thätig seyn können, und dies von der Unerfahrenheit nicht wohl für möglich gehalten wird; allein werfen wir nur einmal einen schärfern Blick auf die eigentliche und nächste Ursache des Tones der Zungenpfeife, so wird und muß mit dieser auch jene Möglichkeit und überhaupt die Wahrheit der letztaufgestellten Behauptung augenblicklich völlig klar werden.

§. 22.

Fortsetzung.

Die nächste Ursache des Tones einer Zungenpfeife nämlich ist weder die schwingende Zunge noch die gleichfalls schwingende Luftsäule in dem Pfeifenkörper; denn wenn man die erstere, während sie mit den übrigen Theilen des Instruments verbunden bleibt, durch Streichen etwa mit einem Violinbogen auch in die heftigsten Schwingungen versetzt, so erfolgt doch nie der starke und volle Ton der Zungenpfeife, sondern ein so schwacher Ton, daß er nur ganz nahe hörbar ist, und wenn man die die Luftsäule umschließende Röhre auch ganz wegläßt, und blos den Rahmen, welcher die Zunge zunächst umgiebt, übrig behält, dann diesen Rahmen rings an seinen Rändern mit den Lippen umschließt und bläst, so entsteht ein Ton, der seiner Höhe nach fast derselbe, seinem Klange nach aber völlig derselbe ist, als wenn eine kürzere Luftsäule mitschwänge. Es kann also jene Ursache nur zu suchen seyn in der Reihe der sich schnell folgenden Luftstöße, welche dadurch hervorgebracht werden, daß die Luft abwech-

selnd durch die Oeffnung zwischen den Rändern der Zunge und des Mundstücks eintreten kann und dann wieder durch Verschließung dieser Oeffnung unterbrochen wird, und welche nun, indem sie aus der Röhre hervortreten, dergestalt für sich erschütternd auf die äußere Atmosphäre wirken, daß dadurch Schallwellen in dieser entstehen, die an unser Ohr anschlagen, so daß also Zunge und Luftsäule theils unmittelbar, theils mittelbar nur die Zeiträume bestimmen, die von Stoß zu Stoß verfließen, und, wenn diese Bestimmung eine verschiedene ist, wie bei zwei zugleich wirkenden Zungen, auch verschiedene Schallwellen in der Atmosphäre entstehen müssen, denn sind nicht Zunge oder die in der Röhre schwingende Luft die eigentlich Klang gebenden Körper, sondern der blos stoßweise aus jener Röhre sich hervordrängende Luftstrom, so ist eben so gut möglich, daß mehrere solche verschieden schnell stoßende Luftströme neben einander durch eine Röhre fließen, als in einem Flußbette häufig mehrere Wasserströme und ebenfalls je nach ihrer Schwere in verschiedener Schnelligkeit lange Strecken weit neben einander herfließen, ohne sich mit einander zu vereinigen. Ist doch Luft auch nichts Anderes als ebenfalls ein flüssiger Körper.

§. 23.

Fortsetzung.

Wie aber bewirkt man auch, daß weder eine Veränderung der Stärke des Anblasens, noch eine Veränderung der Temperatur die Tonhöhe einer Zungenpfeife verändert? — Durch das, was man technisch die Compensation und namentlich bei Orgeln die Compensation der Zungenpfeifen nennt. Wie nämlich transversal schwingende Stäbe überhaupt, so schwingen auch stabförmige Zungen insbesondere um so langsamer, je größere Excursionen sie machen, und tönen folglich auch tiefer, so daß die Erregung weiterer Schwingungen zwar

einerseits den Ton verstärken, andererseits ihn aber auch etwas vertiefen wird und muß; und bei longitudinal schwingenden Körpern findet das Entgegengesetzte Statt, namentlich bei Luftsäulen, denn der Ton dieser wird immer durch stärkeres Blasen in die Höhe getrieben. Demnach besteht eine Zungenpfeife aus zwei Körpern, auf welche eine Verstärkung des Anblasens entgegengesetzte Wirkungen hat, und die Folgen hievon werden seyn, daß bei solchen Längen-Verhältnissen der Zungenpfeife, wo die Zunge bei Bestimmung der Schwingungszahl das Uebergewicht über die Luftsäule hat, durch stärkeres Anblasen der Ton sich etwas vertiefen, im entgegengesetzten Falle aber sich etwas erhöhen muß, daß alsdann aber, zwischen diesen beiden Fällen, sich auch noch ein dritter Fall ergiebt, wo bei verstärktem Anblasen die Schwingungen der Zunge um eben so viel langsamer als die der Luftsäule schneller werden, so daß bei der gegenseitigen Einwirkung beider Körper die entgegengesetzten Veränderungen sich ausgleichen, folglich der Ton wohl stärker wird, aber ohne sein Höhenmaaß zu ändern. Und eben diesen Fall zu erzielen ist Sache der Compensation, welche demnach darin besteht, hinsichtlich der Dicke, Länge und überhaupt sowohl der Qualität als Quantität der Zunge, als hinsichtlich der Größe, Weite 2c. der Pfeife ein Verhältniß herauszufinden, durch welches in der gemeinschaftlichen Wirkung beider Theile nun wieder ein Verhältniß erzeugt wird, das jenem beschriebenen dritten Falle entspricht. Das ist geschehen, zuerst durch den ausgezeichneten Akustiker W. Weber, nur kann es für unser Publikum nicht von Interesse seyn, den Maaßstab für Zunge und Pfeife, den er zu dem Ende mühsam berechnete und erfand, hier speciell anzugeben, sondern geht das hauptsächlich nur den praktischen Orgelbauer an, der aus besagter Erfindung allerdings auch schon den größten Nutzen gezogen hat. Dagegen ist von Wichtigkeit, die schwingende Zunge nun auch einmal in Ver-

bindung mit solchen Röhren zu betrachten, die an den Seiten noch mit verschiedenen sogenannten Tonlöchern versehen sind, also in Verbindung mit einer solchen gleichzeitig wirkenden Luftsäule, deren Knotenlinien je durch Oeffnung oder Verschluß jener Tonlöcher beliebig geändert werden können. Bisher nämlich galt die Betrachtung immer nur einer in solcher Beziehung unveränderlichen Luftsäule oder speciell der Orgelpfeifen.

§. 24.

Fortsetzung.

Das wichtigste unter den Instrumenten, bei welchen jene Combinationsweise zutrifft, und das daher auch unserer diesseitigen Betrachtung vor allen als Norm dienen kann, ist die Clarinette. Dieselbe trifft, was ihre Schwingungsarten anlangt, in folgenden Punkten mit den Tongesetzen der bis daher betrachteten Zungenpfeifen überein: alle Töne einer Clarinette, welche eine Terz und darüber tiefer als der Ton des isolirt schwingenden Rohrblattes sind, befolgen gerade so, wie die Zungenpfeifen unter ähnlichen Verhältnissen, die Tongesetze g e d e c k t e r Orgelpfeifen, und wenn sie ihren Grundton geben, so sind beide, Clarinette und Zungenpfeife, ganz den Gesetzen gedeckter Pfeifen gemäß, fast genau halb so lang als eine offene Labialpfeife von gleicher Tonhöhe. Daraus, aus dieser Verwandtschaft der Clarinette mit den gedeckten Labialpfeifen, erklärt sich folgende Eigenthümlichkeit des Instruments. Auf der Flöte spricht auf eben denselben Griff, mit welchem man $\bar{d}$ bläst, auch $\bar{\bar{d}}$ an, eben so giebt der $\bar{g}$-Griff auch die Octave $\bar{\bar{g}}$ 2c.; gleichfalls bei der Oboe, bei dem Fagott 2c.; allein bei der Clarinette hat eine solche Uebereinstimmung nicht Statt, hier giebt der g-Griff nicht auch $\bar{g}$, sondern die Quinte der Octave $\bar{\bar{d}}$, der a-Griff nicht $\bar{a}$, sondern $\bar{\bar{e}}$ 2c. Folglich ist bei der Clarinette der erste Flageoletton vom Grundtone

nicht wie bei den andern Blasinstrumenten blos um eine Octave, sondern wie bei den gedeckten Labialpfeifen um eine Octave und Quinte oder Duodecime entfernt, weil nämlich ihr Rohrblatt in allen Fällen, wo ihr Grundton in einen Flageoletton übergehen kann, einem Schwingungsknoten der Luftsäule sehr nahe liegt, da in allen diesen Fällen ein sehr starker Druck zwischen der schwingenden Luft und dem schwingenden Rohrblatte stattfindet, und die Grundtöne der Clarinette, welche in Flageolettöne übergehen können, weit tiefer sind als der Ton des isolirt schwingenden Rohrblattes.

Eine Abweichung der Clarinette von den Zungenpfeifen dagegen trifft in folgenden Punkten zu: einmal sind die Proportionen der Dicke und Länge und die Befestigung des einen Endes des Rohrblatts der Clarinette nicht, wie bei der Metallplatte einer Zungenpfeife, von der Art, daß es, wenn es isolirt schwänge, nur eine bestimmte Art von Schwingungen machen könnte, und die Dauer dieser Schwingungen sich vollkommen genau angeben ließe, woher es dann kommt, daß die gemeinschaftliche Schwingung des Rohrblatts und der Pfeife zu den Fällen gehört, wo die beiden Schwingungen beider Körper sich häufig auf verschiedene Weise in's Gleichgewicht setzen können und daher der Ton innerhalb sehr enger Gränzen variabel ist und somit erst durch die Kunst des Bläsers seine nähere Bestimmung erhält; und zweitens lassen sich, setzt man an ein Clarinetten-Mundstück enge Röhren von verschiedener Länge an, im Vergleich zum Tone des Rohrblattes immer tiefere Töne hervorbringen, als bei einer Zungenpfeife im Verhältniß zum Tone ihrer Metallplatte, denn bei dieser kann die Vertiefung blos bis zu einer Octave geschehen, bei der Clarinette aber ist dieselbe bis zu vier Octaven auf angegebene Weise möglich.

Statt der stabförmigen Zungen scheibenförmige zu nehmen, ist auch schon mehrfach und zwar, was vorauszuse-

hen war, mit Erfolg versucht worden; indeß blieb es bis jetzt bei den bloßen Versuchen und hat das praktische Leben noch keinerlei Gebrauch davon gemacht.

§. 25.

Fortsetzung.

Eben so verhält es sich mit den membranösen oder durch Spannung elastischen Zungen; doch ist deren Betrachtung insofern auch für das praktische Leben wichtig, als sich allein durch ihre Theorie eine genügende Erklärung des Wesens derjenigen Instrumente geben und begründen läßt, bei welchen, wie bei dem Horne, der Trompete, Posaune, dem Serpent rc., die Zunge und die Lippen des Bläsers in Gemeinschaft mit der im Instrumente befindlichen Luftsäule die eigentlich tongebenden Körper sind, und die daher auch eine ganz eigene Gattung von Zungenwerken ausmachen.

Zu Zungen genannter Art, künstlich verfertigt, dienen hauptsächlich Kautschukplatten, die man zu dünnen Blättchen austreibt, und welche nun entweder in der Form von Riemen saitenartig, also nach blos einer Richtung, oder in der Form von Fellen trommelartig, also nach mehreren oder allen Richtungen, ausspannt. Die Schwingungsgesetze, welchen genannte Zungen aus der ersten Gattung folgen, stimmen ganz mit denen der Saiten überein, und ihr Ton wird entweder durch Streichen mit einem Violinbogen oder durch Luftströme erzeugt, welches Letztere natürlich der Fall ist, wo die Membrane als Zungen eines Mundstücks gebraucht werden; und Zungen zweiter Gattung werden gestaltet, indem man in der Mitte des Felles eine runde Oeffnung zum Durchgang der blasenden Luft macht, oder indem man zwei Felle neben einander spannt, so daß die Luft zwischen ihrer Spalte durchfährt, denn jedenfalls ist hier der tonerzeugende Körper ein Luftstrahl, und so folgen diese Art von Zungen denn auch

ganz den Tongesetzen einer Zungenpfeife, bei welchen entweder der Luftstrom noch durch ein Rohr, oder kein Luftstrom mehr durch ein Rohr fahren kann. Je länger und weiter das Rohr, desto tiefer der Ton, und umgekehrt, aber alles auch bis zu einer gewissen Gränze, wo gar kein Ton mehr folgen oder derselbe überspringen würde; und das Rohr, durch welches der Luftstrom geht, kann ebensowohl ein Ansatzrohr allein seyn, durch welches der Luftstrom gegen die beiden neben einander liegenden Zungen geblasen wird, als zugleich ein Fortleitungsrohr, das eine Luftsäule enthält, die von den schwingenden Zungen wieder in eine gleichartige und daher nun mittönende Bewegung versetzt wird. Man sieht, daß sonach auf den eigentlichen Ton solcher Zungen beide Umstände und sowohl deren Quantität als deren Qualität einen ändernden Einfluß ausüben können. Verstärkt man z. B. das Anblasen und macht die Lippenöffnung zwischen den beiden Zungen enger, so kann auch der Ton sich bis zu einer Oktave stufenweise immer höher steigern; verengert man das Ansatzrohr, so kann unter Umständen der Ton sich sowohl vertiefen als erhöhen, und Aehnliches findet in Folge der Verengerung oder Erweiterung des Fortleitungs- oder eigentlichen Windrohrs statt.

Vor Allem aber sieht man, daß die ganze Theorie solcher im praktischen Leben noch nicht eingeführten membranösen Zungen genau übereinstimmt mit der Theorie unserer Hörner, Trompeten, Posaunen ꝛc., denn was dort die membranösen Zungen sind, sind genau hier die Lippen des Bläsers, das Ansatzrohr ist seine Mundhöhle, die sich durch Bewegung der Zunge erweitern und verengern kann, und das Windrohr ist das Instrument selbst. Alle diese Instrumente sind demnach Zungenwerke mit membranöser Zunge, wobei das Timbre des Tons durch das Metall des Ansatzrohres und die Höhe des Tons des Mundstücks (d. h. hier der als membranöse

Zungen schwingenden Lippen) durch die gleichfalls schwingende Luftsäule des Ansatzrohres modificirt wird. Einer, der nur halbwegs mit der Behandlung dieser Instrumente vertraut ist, begreift die Richtigkeit dieser Classificirung auf den ersten Blick, und muß nun auch die ersten natürlichen Ursachen der erfahrungsmäßig angelernten Art und Weise seines Verfahrens bei Behandlung der Instrumente vollständig einsehen und begreifen.

§. 26.

Tropfbare Flüssigkeiten.

Hiernach sind auch tropfbare Flüssigkeiten nicht blos einer fortschreitenden, sondern selbst stehenden Schwingung fähig, wie unsere ausgezeichnetsten Akustiker hinlänglich bewiesen haben, und da nun jede stehende Schwingung irgend eines Körpers diejenige Bewegung desselben ist, durch welche er, geschieht die Schwingung mit einem gewissen Grade von Geschwindigkeit, immer auch einen Klang hervorbringt, also selbsttönend wird, so müssen nothwendig auch tropfbare Flüssigkeiten zu den klangerzeugenden Gegenständen gehören, und gehören dazu, obschon dies bis vor noch gar nicht so langer Zeit allgemein bezweifelt wurde. Der Erste, welcher den Beweis davon führte, nahm eine unten verschlossene Röhre mit einer drei Fuß langen Wassersäule, rieb die Röhre longitudinal, d. h. ihrer Länge nach, und erhielt einen hydraulischen Ton von 800 einfachen Schwingungen in einer Secunde, also einen Ton, der unserm jetzigen $\bar{a}$ nahe kommt. Weitere Versuche überzeugten ihn, daß eine offene Röhre einen Ton von 1600 Schwingungen in einer Secunde geben, also hier ganz das Verhältniß von offenen und gedeckten Pfeifen statt haben würde. Mittelst einer eigenen Pfeife, die er conduit siffleur nannte, fand er, daß bei einer 20 Zoll hohen Säule reines Wasser 1478 Schwingungen in einer Se-

cunde macht, Alkohol 1400, Quecksilber 640 ꝛc. Letzteres gab einen völlig trompetenartigen Ton. Angeblasen ward die Pfeife unter den Flüssigkeiten durch dieselben mittelst eines Kautschukbeutels. Doch im gewöhnlichen praktischen Leben hat man in dieser Art noch keinerlei Gebrauch von den tropfbaren Flüssigkeiten gemacht, und so können wir es denn auch bei der einfachen Anführung der bewiesenen Möglichkeit solchen Gebrauchs bewenden lassen.

§. 27.

Luftstöße.

Endlich müssen zu den tonerzeugenden Gegenständen auch die Luftstöße oder diejenigen Fälle gerechnet werden, wo, ohne daß eine stehende Schwingung vorhanden ist, dadurch Töne entstehen, daß der Luft eine hinlänglich schnell und regelmäßig auf einander folgende Zahl von Stößen oder Schlägen durch einen Körper ertheilt wird. In welchem Höhenmaaße ein so erzeugter Ton zur Erscheinung kommt, hängt (wie bei den Schwingungen) ebenfalls von der Schnelligkeit ab, in welcher die Luftstöße aufeinander folgen, oder (mit andern Worten) von ihrer Anzahl innerhalb einer gewissen Zeit. Es kommt also nur darauf an, zu untersuchen, wo Fälle, wie erwähnt, vorkommen können, oder wie solche tonerzeugende Luftstöße bewirkt werden? — Das geschieht oder kann doch geschehen entweder durch feste oder durch flüssige oder durch feste und flüssige Körper.

Geschieht es durch blos feste Körper, so müssen zwei Fälle der Möglichkeit von einander unterschieden werden: entweder nämlich ist blos ein fester Körper oder sind zwei feste Körper dabei thätig. Zu den Fällen erster Art gehört z. B. das Knallen mit Peitschen, das Pfeifen eines Steines, der heftig schräg gegen einen festen Körper geworfen wird und dann wieder kreiselnd durch die Luft fährt ꝛc. Interes-

santer sind die Fälle zweiter Art. Dahin gehört z. B. der sinnig erfundene Apparat, mittelst welches die Schwingungen sowohl des tiefsten als des höchsten der vernehmbaren Töne gezählt werden können. Derselbe besteht vornehmlichst aus einer Eisenstange, durch welche in der Mitte ihrer Länge und senkrecht auf ihren breiteren Flächen eine Axe hindurchgeht, oder ein an der Peripherie mit Zähnen versehenes Rad, welche mit einer gewissen Schnelligkeit in Umschwung gesetzt werden; und dann aus einer dünnen Platte oder einem Kartenblatte, welche entweder so angebracht sind, daß die Stange oder die Zähne des Rades beim Umschwunge dagegen schlagen und so eine von der Schnelligkeit der Umdrehung abhängende Anzahl periodischer Schläge machen, oder welche beide mit ihrem Rande dem in Umschwung gesetzten Rade in der Richtung einer seiner Radien blos genähert werden, ohne sie zu berühren, und zwar so, daß die Ebene der Platte oder des Kartenblatts senkrecht auf der des Radius ist. Daß auch bei diesem letzteren Verfahren, wenn der Umschwung gehörig schnell ist, ein Ton und häufig zwar ein sehr starker Ton gehört wird, hat folgende Ursache. Wenn ein Rad, das mehr oder weniger Speichen hat, gedreht wird, so pflanzt es der umgebenden Luft eine Bewegung nach derselben Richtung, als es selbst hat, ein, und wenn man nun, während die Luft sich in dieser Bewegung befindet, dem Rade in der bezeichneten Richtung den Rand einer dünnen Platte oder eines Kartenblatts nähert, dessen Ebene senkrecht auf der des Radius ist, so wird der Luftstrom beim Vorbeigehen einer Speiche des Rades von diesem Hemmniß momentan unterbrochen werden und die Luft bis zu der Zeit, wo das Vorbeigehen stattfindet, sich oberhalb des Hindernisses zusammendrücken und zugleich unterhalb desselben sich ausdehnen, nach geschehenem Vorbeigehen aber die zusammengedrückte Luft sich sofort in den erzeugten unvollkommen leeren Raum hineinstürzen. Ist dann

die Drehungsgeschwindigkeit hinlänglich groß, so wird durch diese plötzliche Bewegung der Luft (diese Luftstöße) ein ähnliches Getön erzeugt, als beim Hineinstürzen der Luft in ein Gefäß, welches mehr oder weniger verdünnte Luft enthält, gehört wird, und da dieser Umstand sich bei jeder Speiche wiederholt, so entsteht auf diese Weise eine Aufeinanderfolge kleiner Explosionen, deren Anzahl in zusammengesetztem Verhältnisse zu der Zahl der Speichen und der Drehungsgeschwindigkeit des Rades steht, und die, wenn ihrer eine hinlängliche Anzahl in einer Secunde stattfindet, einen anhaltenden Ton veranlassen, der eine große Intensität erlangen kann, wenn man, anstatt eines einzigen Hemmnisses, deren vier in ein und derselben Diametralebene des Randes anbringt. Ferner gehören hieher auch folgende sehr merkwürdige Fälle, wo zwei metallene Körper von bedeutender Temperatur-Differenz sich berühren und, indem sie diese Differenz auszugleichen streben, eine Anzahl Stöße sich ertheilen, wodurch, wenn sie hinreichend schnell auf einander folgen, ein sehr vernehmbarer Ton entsteht. So legte man z. B. eine flach convexe, aber so eben erst in der Pfanne erstarrte Scheibe Amalgamationssilber mit der convexen Seite auf einen kalten Ambos, und es entstand ein Ton, den man dem einer tiefen Orgelpfeife ähnlich finden mußte. Dasselbe war der Fall mit gleichgestalteten Scheiben aus anderem Silber, nur war der Ton auch ein anderer und die Lage auf dem Ambos anders. Ebenso — legt man ein heißes Schüreisen oder eine heiße Wagenfeder oder einen heißen silbernen Löffel auf kaltes Blei, so entstehen ebenfalls meist sehr musikalische Töne, in Folge welcher Erscheinung der Engländer Trevelyan 1829 sogar ein eigenes Instrument erfand, das er Rokker nannte und bei dem heißgemachte metallene Stäbe mit Hammerknöpfen auf kaltes Blei fallen und so ein ganz eigenes harmonisches Getön verursachen, da die Höhe der so erzeugten Klänge von der Quantität des heißen

Stabes und der Festigkeit seines Drucks gegen das Blei abhängt. Auch eine kalte Stange von Blei, auf einen heißen Block von einem harten Metalle gelegt, zeigt ähnliche Erscheinungen.

§. 28.

Fortsetzung.

Werden die Luftstöße durch blos flüssige Körper bewirkt, so sind letztere entweder elastisch flüssige oder tropfbar flüssige. In Beziehung auf erstere muß vor Allem die Musik der Felsen erwähnt werden, indem man mit diesem Namen folgendes merkwürdiges Phänomen bezeichnet. Der am Oronokoflusse in Südamerika liegende Fels, welcher dort Piedra de Carichana Vieja heißt, ist einer von denen, wo Reisende von Zeit zu Zeit, um Sonnenaufgang, unterirdische Töne gleich Orgeltönen gehört haben. Man schreibt diese Töne dem Unterschiede der Temperatur zwischen der unterirdischen und der äußeren Luft zu, welche um Sonnenaufgang ihren höchsten Grad erreicht oder in dem Augenblicke, welcher zu dieser Zeit von der Periode des höchsten Grades der Hitze vom vorhergehenden Tage am entferntesten ist. Der Luftstrom, der durch die Spalten herausgeht, mag jene Töne hervorbringen, welche man hören soll, wenn man, auf dem Felsen liegend, das Ohr an den Stein hält. Unleugbar schließt sich die Erscheinung an die vorhin erwähnten Erscheinungen bei gegenseitiger Berührung gewisser Metalle von bedeutender Temperaturdifferenz an, denn wie hier bei den verschieden temperirten Luftschichten, so entsteht auch bei jenen Körpern bei ihrer Berührung eine Wärme- und Kälteströmung durch die Theile derselben, indem sich die übrigen Theile eines jeden der beiden Körper mit demjenigen, der zunächst von dem andern, in der Temperatur sehr von ihm verschiedenen, berührt oder afficirt wird, ins Gleichgewicht zu setzen

streben. In Beziehung auf letztere, auf die tropfbar flüssigen Körper, welche tönende Luftstöße erzeugen, muß das Geräusch erwähnt werden, das z. B. durch das Herabfallen einer größeren oder geringeren Quantität eines tropfbar flüssigen Körpers auf einen zweiten tropfbar flüssigen derselben oder auch verschiedener Art bewirkt wird.

§. 29.

Fortsetzung.

Werden die Luftstöße durch zwei Körper bewirkt, deren einer ein fester, der andere aber ein flüssiger ist, so kann letzterer wiederum sowohl ein elastisch, als ein tropfbar flüssiger seyn. In Beziehung auf den ersten Fall gedenken wir vor Allem der beiden wichtigen Instrumente, welche der Franzose Cagniard de Latour und der deutsche Oppelt erfanden und welche beide den Namen Sirene führen. Die Sirene des Cagniard de Latour besteht im Wesentlichen darin, daß ein anhaltender Luftstrom durch eine kleine Mündung tritt, vor welcher man eine, um ihre Mitte bewegliche, kreisförmige Scheibe anbringt, deren Rotationsbewegung entweder durch die Wirkung des Luftstroms selbst, oder durch unmittelbare Anbringung einer mechanischen Potenz vermittelt wird. Die Scheibe ist an dem Theile ihrer Oberfläche, der successiv vor die Mündung tritt, mit einer gewissen Anzahl Mündungen durchbrochen, die eine schiefe Richtung gegen ihre Ebene haben, damit der Impuls des Luftstroms beim Durchstreichen durch dieselben so zerlegt werde, daß sich die Scheibe wie ein gewöhnliches Flugrad drehe. Diese Löcher sind übrigens in einen, mit der Axe concentrischen Kreis gereiht und so gleich als möglich auseinander gestellt. Die Bewegung der Scheibe bringt diese Löcher successiv vor die Mündung, aus welcher der Luftstrom heraustritt und sie verstatten ihm hiebei den Durchgang; allein da sie nur einen Augenblick auf der Rich-

tung jedes Luftstrahles verharren, so findet sich derselbe sogleich wieder durch die Ankunft des darauf folgenden vollen Zwischenraums der Scheibe aufgehalten. Diese Abwechslungen des Vollen und Leeren, die sich mit Schnelligkeit folgen, bringen also im Luftstrom gerade solche Intermissionen hervor, als die Schwingungen der Zunge der Mundstücke, wenn sie die Rinne, durch welche die dagegen geblasene Luft entweicht, abwechselnd öffnet und schließt. Auch entsteht gleicherweise dadurch ein Ton, dessen Höhe wie bei den Mundstücken von der Anzahl der Intermissionen abhängt, die sich in der Secunde folgen. Die Sirene gewährt aber hiebei den Vortheil, daß sich die Bewegung der Scheibe messen und die Zahl ihrer Umdrehungen durch irgend ein mechanisches Mittel schätzen läßt, worauf man die Zahl der in einer Secunde statthabenden Intermissionen nach der gegebenen Anzahl der Oeffnungen berechnen und diese Zahl mit der Höhe des dabei erfolgten Tones vergleichen kann. Die einem jeden Tone entsprechenden Schwingungszahlen, welche man auf diese Weise ermittelt, sind ganz der Theorie entsprechend, so daß dieses Instrument hiebei Nichts zu wünschen übrig läßt, indem die Genauigkeit seiner Angaben fast ins Unbegränzte, bis ins Unglaubliche geht. Die Sirene von Oppelt unterscheidet sich von der bis daher beschriebenen namentlich in folgenden Stücken: einmal ist ihre Hauptfläche senkrecht auf die Basis, bei der ersteren aber horizontal; zweitens ist sie in dreizehn concentrischen Kreisen von einer gewissen Anzahl Oeffnungen durchbrochen, aber so, daß die Anzahl derselben in jedem Kreise verschieden ist, während bei der ersten Sirene dies blos bei einem concentrischen Kreise zutrifft; und drittens wird die Oppeltsche Sirene während ihrer hinreichend schnellen Umdrehung durch ein dünnes Röhrchen angeblasen, und bewegt man das Röhrchen, während man bläst, in der Richtung eines Radius der Scheibe schnell auf und ab, so hört

man nicht blos einen Ton, sondern sogar mehrere Töne, solche nämlich, deren Schwingungszahlen den verschiedenen Produkten der Unterbrechungen gewisser Kreise mit der Zahl der Umdrehungen der Scheibe gleich sind, so daß also in dieser Beziehung die Oppeltsche Sirene noch weit mehr leistet als die erste Latoursche. Ferner gehört hieher das Verfahren senkrecht gegen die Ebene eines gezahnten Rades durch eine Röhre von etwas kleinem Durchmesser einen Luftstrom auf die Zähne des Rades zu treiben. Hiedurch entsteht nämlich eine analoge Wirkung wie bei der Sirene, denn durch die Luft, die jedesmal, wenn eine der zwischen den Zähnen befindlichen Lücken vor die Mündung tritt, zur Röhre hinausströmt und periodisch gegen die äußere Luft stößt, entsteht gleichfalls ein Ton, welcher derselbe ist, welcher aus dem Stoß der Zähne gegen einen dünnen Körper hervorgeht, sobald dieser keinen Zahn unberührt überspringt, und welcher also auch derselbe ist, den die Sirene giebt, wenn die Zahl der in einer Secunde aufeinander folgenden Luftstöße dieselbe ist. Beide Apparate dienen also gegenseitig als vollständige Proben von der Genauigkeit der dafür aufgestellten Theorie.

Ist von den beiden festen und flüssigen Körpern, welche die Luftstöße bewirken, der letzte ein tropfbar flüssiger, so kommt abermals zunächst die Sirene in Betracht, denn auch ein Strom von Wasser, welcher durch dieselbe hindurchgelassen wird, bringt genau denselben Ton hervor, den ein Luftstrom bewirkt, wenn die Zahl der Unterbrechungen des Stromes in der Secunde die nämliche ist, was Alles sich aus demselben Grundsatze erklärt, auf dem das Gleichbleiben der Tonhöhe der Mundstücke beim Hineinblasen verschiedener Gasarten beruht. Ja auch alsdann, wenn das schwingende Rad sich unter Wasser befindet und nur den Strom des von unten durch Druck zugeführten Wassers in regelmäßig schnellem Wechsel hemmt, erzeugen die dadurch hervorgebrachten Stöße,

wenn sie schnell genug aufeinander folgen, einen klaren Ton, dessen Höhe mit der Schnelligkeit der Unterbrechungen der Stöße zunimmt. Dann ist hier noch folgendes merkwürdiges Phänomen mitzutheilen. Befestigt man eine Glasröhre von etwa einem Decimeter im Durchmesser und zwei Meter Länge, deren unteres Ende durch eine Metallplatte, welche in ihrer Mitte eine Oeffnung von fünf bis fünfzehn Millimeter im Durchmesser hat, verschlossen ist, in senkrechter Stellung, füllt sie mit Wasser und stellt ein bis zwei Centimeter unter jener Oeffnung ihres untern Endes eine Metallscheibe horizontal so auf, daß ihr Mittelpunkt senkrecht unter dem Mittelpunkte der Oeffnung sich befindet und etwa 20 Millimeter von ihr entfernt ist, so breitet im Augenblicke, wo bei völliger Ruhe der Flüssigkeit im Rohre der ausfließende Strahl die Scheibe trifft, derselbe sich nach allen Seiten aus und bildet dadurch einen kreisrunden und zusammenhängenden Teller, der aber niemals ruhig, vielmehr der Sitz eines periodischen Steigens und Sinkens von solcher Schnelligkeit ist, daß dadurch ein gut vernehmbarer, wenn auch nur dumpfer Ton entsteht. Auch bemerkt man, daß der Durchmesser des Tellers periodisch um eine kleine Größe wächst und abnimmt, und diese Abwechslungen wiederholen sich oft genug in einer Secunde, um einen starken und anhaltenden Ton hervorzubringen, wenn man einen starren Körper oder eine Membrane dem freien Rande des Tellers bis zur Berührung nahe genug bringt.

Drittes Kapitel.

Die Ursachen der Erzeugung verschiedener Töne mit ein und demselben Gegenstande, und von der Zeitdauer eines Klanges.

§. 1.
Die Ursachen der Töne überhaupt.

Im vorhergehenden zweiten Kapitel lernten wir die verschiedenen Gegenstände kennen, deren wir uns im gewöhnlichen Leben bedienen, um Klänge und Töne je nach Bedürfniß zu erzeugen, und erfuhren auch die Ursache, warum gerade diese Gegenstände sich besonders zur Tonerzeugung eignen, so wie die Art und Weise, auch Nothwendigkeit der Wirkung je nach ihrer verschiedenen Einrichtung und ihrem verschiedenen Gebrauch; was uns jedoch bei alle dem noch unbekannt blieb, ist die Ursache, warum sich mit ein und demselben Gegenstande auch verschiedene und oft so höchst mannigfaltige Töne erzeugen lassen, ja sogar erzeugt werden müssen? — dies zu erfahren, bleibt also zur Vollständigkeit unserer diesseitigen Betrachtung oder zur vollständigen Ergründung der eigentlich physischen Natur der Klänge immer ein noch übriger Gegenstand. Indeß werden wir uns nicht

klar genug darüber zu unterrichten vermögen, wenn wir nicht vorher auch noch einmal zu der Ursache des Klanges überhaupt zurückkehren, da beide Gegenstände in dem unmittelbarsten Zusammenhange zu einander stehen.

Töne überhaupt entstehen, wie wir gelernt haben, sowohl durch Körper, welche in einer stehenden Schwingung sich befinden und dann gewöhnlich selbsttönend genannt werden, als durch Körper, welche, ohne sich in einer solchen Schwingung zu befinden, nur eine hinreichend schnell und regelmäßig auf einander folgende Zahl von Stößen bewirken. Daraus folgt, daß die wahre nächste Ursache jeder Tonempfindung regelmäßig sich wiederholende Stöße sind, welche den Hörnerven mitgetheilt werden, und daß also auch die erstgenannten Körper nur dadurch eine Tonempfindung erzeugen, daß sie durch ihre Schwingungen regelmäßige und hinreichend schnelle Stöße zunächst dem sie umgebenden Medium und dann durch dessen Vermittlung auch den Gehörnerven ertheilen. Aber in Beziehung auf die Stöße selbst bleibt immer und unter allen Umständen die doppelte Eigenschaft eine unerläßliche Bedingung, einmal daß sie vollkommen regelmäßig auf einander folgen, weil sonst kein Ton, kein Klang, sondern nur ein Geräusch entstehen würde, und dann, daß sie auch hinreichend schnell auf einander folgen; und insofern nun für beide Eigenschaften ganz verschiedene Grade und zwar sich nicht blos denken lassen, sondern ganz bestimmt angenommen werden müssen, insofern folgt nothwendig auch eine Verschiedenheit der Tonerzeugung ein und desselben Gegenstandes, je nachdem jene Eigenschaften seiner Schwingungen oder Stöße einem ganz verschiedenen modificirenden Einflusse ausgesetzt seyn können. In Beziehung auf die hinreichende Schnelligkeit der Stöße z. B. sey nur bemerkt, daß diese ebensowohl so langsam auf einander folgen können, daß das Ohr nur periodische Schläge davon empfindet, als wieder um so viel schneller,

daß daraus schon ein Summen entsteht, und endlich auch so schnell, daß unser Ohr den Ton in längerem Hall wahrnimmt, und ob nun ein tonfähiger Gegenstand seine Schwingungen in einem von diesen drei verschiedenen Graden macht, das hängt theils von seiner eigenen Qualität und Quantität, theils von der Qualität und Quantität des ihn umgebenden und entweder unmittelbar oder mittelbar berührenden zweiten, seine Wirkung fortpflanzenden Körpers ab, bei deren Betrachtung wir dann jedenfalls auch noch manche andere Richtungen entdecken müssen, in welchen alle diese Dinge einen entscheidenden Einfluß auf die Verschiedenheit der Tonwirkung des Gegenstandes ausüben.

§. 2.

Einfluß der Qualität des schwingenden Körpers auf die graduelle Quantität seines Klanges oder Schalles.

Zu dem Ende zunächst bei der Qualität des schwingenden Körpers stehen bleibend, sind der Umstände, welche dabei in's Auge gefaßt werden müssen, gar vielerlei, und wir müssen daher, um dieselben besser überblicken zu können, jene Qualität getrennt, nämlich einmal blos von Seiten des Stoffs, und dann insbesondere auch von Seiten der Form des Körpers betrachten. Die Qualität des Stoffes kann füglich auch die innere, und die der Form die äußere Qualität des Körpers genannt werden.

In Beziehung auf die erste, die innere Qualität kommt zunächst in Betracht die Elasticität des Körpers. Diese Eigenschaft, auf welcher die Schwingungsfähigkeit überhaupt beruht, ist — wie schon früher einmal gesagt — zwar allen Körpern ohne Ausnahme eigen, allein in einem so sehr verschiedenen Grade, daß man gewisse Körper, bei denen sie unr sehr schwach sich zeigt, geradezu unelastisch, und nur diejenigen elastisch zu nennen pflegt, in welchen sie stärker hervortritt.

Zu den ersteren gehören das Wasser und alle übrigen tropfbar flüssigen Körper, und zu den letztern alle nicht tropfbar flüssigen und festen Körper. Wir haben daher hier, wo wir von selbsttönenden Körpern reden, nur die festen und ausdehnbar flüssigen Körper von Seiten ihrer Elasticität zu betrachten, denn lernten wir früher auch sogar durch Wasser einen Ton zu erzeugen, so war es doch nicht das Wasser, welches den Ton aus sich selbst hervorbrachte, sondern es waren dies nur die Luftstöße, welche durch Wasserströme bewirkt wurden. Aber auch bei den festen und elastisch flüssigen Körpern ist die Elasticität eine ganz verschiedene Eigenschaft; bei jenen nämlich besteht sie in dem Bestreben, die vorige, ihre ursprüngliche Gestalt wieder anzunehmen, bei diesen aber in dem Bestreben, sich durch größere Räume auszubreiten. Man kann daher die Elasticität der festen Körper die attractive oder anziehende, die der flüssigen aber die expansive oder ausdehnende nennen.

Jene attractive Elasticität wird in zwei Arten eingetheilt, deren eine Sprödigkeit, die andere Steifigkeit heißt. Die Sprödigkeit kann eine natürliche oder auch eine durch Spannung vergrößerte seyn. Erstere wirkt namentlich bei den Longitudinalschwingungen der Stäbe, und daher kommt es, daß zwei sonst ganz gleiche Stäbe aus Stoffen von blos verschiedener Sprödigkeit auch verschiedene Töne geben; letztere kann namentlich bei Saiten eintreten, weshalb z. B. zwei sonst ganz gleiche und auch ganz gleich gespannte Messingsaiten dennoch einen verschiedenen Ton geben, weil (vielleicht zufällig) bei der einen die Sprödigkeit mehr, bei der anderen weniger durch die Spannung vergrößert ward. Ebenso kann auch die Steifigkeit entweder eine natürliche, den Körpern an sich inwohnende, oder eine künstliche, durch Spannung bewirkte seyn. Beide, die sowohl natürlich als künstlich steifen Körper, sind entweder nach blos einer Richtung ausgedehnt, wie

Stäbe, Gabeln, Saiten, Ringe ꝛc., oder nach verschiedenen Richtungen ausgedehnt, wie Glocken, Scheiben, Pauken- und Trommelfelle ꝛc. Jedenfalls tritt mit dieser attractiven Art der Elasticität die Transversalschwingung in Kampf, und ihre Töne müssen daher in einem bestimmten Verhältnisse zu derselben stehen. Sie verhalten sich nämlich wie die Quadratwurzeln der Steifigkeit oder der spannenden Kräfte, wo die letzteren an die Stelle der natürlichen Steifigkeit treten. Will man also z. B., daß, wenn zwei Saiten durch angehängte Gewichte gespannt werden, die Töne der einen Saite um eine Octav höher als die andern seyen, mithin ihr Grundton sich zu dem der andern wie 2 : 1 verhalten soll, so muß das angehängte Gewicht viermal so viel als bei der andern betragen; soll aber der Ton der einen Saite nur um eine Quinte höher seyn, mithin zu dem der andern sich wie 3 : 2 verhalten, so müssen die spannenden Gewichte in dem Verhältnisse von 9 : 4 zu einander stehen.

Einen ganz entgegengesetzten Charakter hat die expansive Elasticität, so wie dieselbe denn angedeuteter Maßen auch an und für sich etwas ganz Anderes ist. Sie kann eine absolute und eine specifische seyn. Die absolute Elasticität eines flüssigen Körpers ist die Stärke, womit er der Kraft, die ihn zusammendrückt, widersteht, ohne noch auf Dichtigkeit ꝛc. Rücksicht zu nehmen. Es versteht sich von selbst, daß diese Art der Elasticität im Zustande der Ruhe der drückenden Kraft gleich seyn muß, und diese drückende Kraft ist entweder eine natürliche oder eine künstliche. Im erstern Falle findet sie bei den untern Schichten eines elastisch flüssigen Körpers statt, indem dieselben durch das Gewicht der obern Schichten zusammengedrückt werden; letztere treffen wir z. B. bei einer Compressionsmaschine. Mit dem Zu- und Abnehmen des Druckes nimmt also auch die absolute Elasticität stets zu und ab, weil beide im Gleichgewichte zu einander stehen, eben so

wie beide ein gleiches Verhältniß mit der Dichtigkeit bewahren, denn wird ein elastisch flüssiger Körper durch einen stärkern Druck in einen engern Raum als vorher zusammengedrängt, so wird seine Dichtigkeit zugleich mit seiner absoluten Elasticität größer, nimmt aber der Druck wieder ab, so wird mit der absoluten Elasticität auch die Dichtigkeit wieder geringer, so daß sich also die absolute Elasticität der Luft zugleich mit ihrer Dichtigkeit verhält umgekehrt wie der Raum, der diese Menge Luft einnimmt. Man nennt das Alles zusammen, diese ganze Reihe von Verhältnissen, das Mariottische Gesetz, und specifische Elasticität nun ist das Verhältniß zwischen der absoluten Elasticität und der Dichtigkeit eines elastisch flüssigen Körpers im Vergleich mit einem andern. Es läßt sich also nie die specifische Elasticität eines einzelnen elastisch flüssigen Körpers an sich, sondern nur das Verhältniß der specifischen Elasticitäten zweier oder mehrerer solcher Körper angeben, und wenn von der Elasticität eines Körpers an sich die Rede ist, so ist demnach immer seine absolute Elasticität gemeint; aber verglichen mit einem andern ist nun ein Körper specifisch elastischer als derselbe, wenn er bei geringerer Dichtigkeit dennoch gleich stark und bei gleicher Dichtigkeit noch stärker als jener drückt. Die specifischen Elasticitäten verhalten sich deshalb wie die Quotienten der absoluten Elasticitäten durch die Dichtigkeiten, so wie umgekehrt die absoluten Elasticitäten wie die Produkte der specifischen mit den Dichtigkeiten. Daher wird durch Alles, was die Dichtigkeit verändert, auch zugleich die specifische Elasticität verändert, mithin durch Wärme, Dünste, Feuchtigkeit, Kälte 2c., und daher hat dann bei flüssigen Körpern von beiden Arten von Elasticitäten auch nur die specifische Einfluß auf den Ton, wie wir gleich nachher des Näheren erfahren werden, sobald wir uns über die innere Qualität eines tönenden Körpers an sich nur erst vollständiger unterrichtet haben.

§. 3.
Fortsetzung.

Ferner nämlich kommt in Beziehung auf solche in Betracht die specifische Schwere oder, richtiger zu reden, das specifische Gewicht des Körpers. Ich sage „richtiger zu reden", weil ungeachtet ihres häufigen gleichsinnigen Gebrauchs Schwere und Gewicht gleichwohl, genau genommen, ganz verschiedene Begriffe sind. Die Schwere eines Körpers ist eigentlich nur das von der Gravitation seiner Materie gegen die Erde abhängende Bestreben, womit jeder einzelne Theil dieser Materie überhaupt fallen will; Gewicht aber ist die Summe aller Bestrebungen, womit alle Theile eines bestimmten Körpers zum Fallen getrieben werden, ist sonach gleich dem Produkte der Schwere mit der Masse, d. h. mit der Anzahl der Theile eines Körpers. Indessen unterscheidet man auch beim Gewichte, wie bei der Elasticität, wieder ein absolutes, relatives und specifisches. Absolutes Gewicht heißt die wahre, wirkliche Größe des Druckes, den ein Körper durch seine Schwere auf das ihn am Fallen Hindernde ausübt; ihm entgegen steht das relative Gewicht, das man von einem Körper erhält, wenn man ihn in einen elastisch oder tropfbar flüssigen Körper einsenkt, indem er nämlich dadurch von seinem absoluten Gewichte stets so viel verliert, als das Gewicht des von ihm aus der Stelle getriebenen flüssigen beträgt; und das absolute Gewicht nun im Verhältniß mit dem Raume betrachtet, den der Körper einnimmt, also mit dem Volumen desselben, giebt den Begriff vom eigenthümlichen oder specifischen Gewicht, das demnach, wie die specifische Elasticität, ein relativer Begriff ist, indem man nicht sagen kann, wie groß das eigenthümliche Gewicht eines einzelnen Körpers an und für sich ist, sondern nur zu bestimmen vermag, wie es sich zu dem eigenthümlichen Gewichte eines an-

dern Körpers verhält, und das demnach auch mit der Dichte eines Körpers einerlei ist.

Diese nähere Begriffsbestimmung von Schwere und Gewicht war nothwendig, weil sie zum leichtern Verständniß des Folgenden beiträgt, wo wir nun wirklich endlich nach dem verschiedenen Einflusse fragen, den die specifische Elasticität und das specifische Gewicht eines schwingenden tonfähigen Körpers auf seine Tonwirkung haben. Derselbe ist außerordentlich, und am genauesten hat ihn Chladni untersucht, der sich dazu Stäbe von zwei Fuß rhein. Länge bediente, von denen ein jeder, während er an beiden Enden frei war, in die einfachste Longitudinal-Schwingung versetzt wurde. Ein solcher Stab von Nußbaumholz z. B. gab bei 0,670 specifischem Gewicht den Ton $\bar{\bar{\bar{f}}}$, von Birnbaumholz bei 0,661 spec. Gew. den Ton $\bar{\bar{\bar{\bar{g}}}}$ bis $\bar{\bar{\bar{\bar{a}}}}$, von Ebenholz bei 1,209 spec. Gew. $\bar{\bar{\bar{b}}}$, und so fast bei jedem andern specifischen Gewichte der Materie auch einen andern Ton, und merkwürdig ist dabei, daß eine gleich große Luftsäule in einer offenen Pfeife den allertiefsten Ton unter allen zur Vergleichung gewählten Materien gab, nämlich so ziemlich $\bar{c}$, doch gestaltete sich auch bei ihr je nach Beschaffenheit der Luftmaterie die Tonwirkung verschieden. Wasserstoffgas z. B. gab bei 0,0688 zu 1 specifischem Gewicht einen zwischen $\bar{\bar{c}}$ und $\bar{\bar{e}}$ liegenden Ton, Stickgas bei 0,9757 zu 1 specifischem Gewicht den Ton h ꝛc.

Bei transversal schwingenden festen Körpern dann, die bei einerlei Quantität qualitativ verschieden sind, verhalten sich die Töne wie die Quadratwurzeln ihrer Steifigkeit und umgekehrt wie die Quadratwurzeln ihrer specifischen Gewichte. Auch dieses fand Chladni am bestimmtesten, indem er dieselben Stäbe, bei denen er vorher Longitudinalschwingungen behufs seiner Untersuchung erregt hatte, nun auch transversal schwingen ließ, um abermals den Unterschied in der Wirkung zu erfahren.

§. 4.

Fortsetzung.

Damit kennen wir den Einfluß der innern Qualität eines Körpers auf die Verschiedenheit seiner Tonerzeugung: nun auch zu dem seiner äußern Qualität, d. h. der Qualität seiner Form darauf übergehend haben wir zunächst zu betrachten seine Ausdehnung, die übrigens auch bei Untersuchung des Einflusses der Quantität eines Körpers auf seine Tonerzeugung wieder in Erwägung zu ziehen seyn wird. Ausgedehnt kann ein Körper seyn entweder in blos zwei Dimensionen (Länge und Dicke) oder in mehreren Dimensionen. Im ersteren Falle sind die Körper Fäden (wie alle Saiten), im letzteren Falle Flächen. Um wie viel übrigens die Tonhöhe sich ändert, wenn von gleichen Mengen eines Stoffes, z. B. von Eisen oder Messing, durch verschiedene Ausdehnung die eine die Gestalt einer Saite, die andere die einer Fläche enthält, ist bis heute noch nicht genau untersucht worden; doch ist jedenfalls gewiß, daß, wenn die nämliche Quantität einer Masse einmal als Stab, dann aber zur Saite umgeformt in Schwingung versetzt wird, im letzteren Falle ungleich tiefere Töne entstehen als im ersteren. Und hat der Körper eine Flächenform, so kommt bei dieser auch die Art der Begränzung wieder in Betracht, denn Flächen können bei sonst gleichem Inhalte doch sehr verschieden gestaltet seyn, insofern die sie begränzenden Linien nach Zahl und Gestalt sehr verschieden seyn können, und da nun eine solche Verschiedenheit mehr oder weniger auch auf ihre Schwingungsgestalt Einfluß hat, so wird auch mit der Veränderung dieser letzteren meistens zugleich ihr Ton sich ändern. Haben wir uns doch auch schon früher davon überzeugt, als wir im vorhergehenden Kapitel die verschiedenen Schwingungsarten der tongebenden Körper und namentlich der Flächen betrachteten,

denn entstanden bei jeder anderen Gestalt andere Knotenlinien und äußerte eine Veränderung hierin sofort einen ändernden Einfluß auf die Tonerscheinung, so muß nun auch die Gestalt der Fläche überhaupt wieder von wesentlich bestimmendem Einflusse auf ihren Ton seyn: unter drei Scheiben z. B. von ganz gleichem Flächeninhalte wird das Quadrat einen andern Ton geben als etwa das Dreieck ꝛc., der Kreis einen andern als die Elipse ꝛc. Dasselbe ist der Fall bei schwingenden Luftsäulen: auch je die Gestalt, welche ihnen der sie umschließende Körper giebt, hat einen solchen Einfluß auf ihre Tonwirkung. Das weiß jeder Orgelbauer, der den Unterschied kennt zwischen vierkantigen hölzernen und runden metallenen Pfeifen: diese gewählt, erfordert irgend ein bestimmter Ton eine ganz andere Luftmasse, als jene gewählt, und so muß umgekehrt auch ein und dieselbe Luftmasse in verschiedener Form gehalten auch immer einen verschiedenen Ton geben.

Außerdem, außer der Ausdehnung des Körpers, ist die äußere Qualität eines schwingenden Körpers noch zu betrachten von Seiten der Richtung, ob nämlich der Körper überhaupt eine gerade oder krumme Richtung hat und ob er prismatisch oder cylindrisch oder pyramidalisch oder endlich kegelförmig gestaltet ist; denn ein Stab bringt verschiedene Töne hervor, je nachdem er gerade oder z. B. zu einer Gabel oder zu einem Ringe gekrümmt ist; ebenso ist in gleicher Beziehung bei einer Scheibe wichtig, ob sie gerade oder gekrümmt, ob z. B. zu einer Glocke oder zu einem Gefässe geformt ist, und daß endlich auch die Richtungen der äußeren Seiten eines Körpers auf seine Tonwirkung Einfluß hat, geht aus Folgendem unwiderlegbar hervor. Wir haben gelernt, daß, wenn eine durchweg gleich weite, an beiden Enden offene Röhre an einem Ende verschlossen wird, dieselbe einen gerade um eine Octav tieferen Ton von sich giebt als vorher, wo sie noch an keinem Ende verschlossen war: dies Ver-

hältniß trifft aber nicht zu, wenn die Röhre nicht durchweg gleich weit, sondern z. B. konisch oder pyramidalisch geformt ist, und wenn dann die Schwingung der Luftsäule vom engern Ende ausgeht, — in diesem Falle nämlich ist der Unterschied zwischen den Tönen einer offenen und gedeckten Pfeife um so größer, je größer die von den Pfeifenwänden gebildeten Winkel sind, und es kann der Unterschied sich bis zu zwei Octaven ausdehnen.

§. 5.
Fortsetzung.

Aber auch nicht blos die Qualität des schallenden Körpers an sich hat einen wesentlich bestimmenden Einfluß auf sein Tonprodukt, sondern auch die Qualität der Schwingungen, die er macht. Was unter Qualität der Schwingungen zu verstehen, haben wir früher schon gelernt: von diesen verschiedenen Qualitäten der Schwingungen eines Tones sind nun auf seine Höhe von bedeutendem Einflusse einmal die Gestalt, welche der schallende Körper bei seinen Schwingungen annimmt, dann die Richtung, in welcher die Molecule schwingen, und drittens die Erregungsart der stehenden Schwingung, ob dieselbe nämlich eine unmittelbare oder mittelbare ist. Aber alle drei Punkte stehen hier in einer solch' engen Verbindung zu einander, daß sie in Betracht ihrer Wirkung sich gar nicht von einander trennen lassen. Bei der Gestalt, welche der schallende Körper während seiner Schwingungen abwechselnd annimmt, kommt es zuerst darauf an, ob er ohne oder mit Schwingungsknoten (Knotenlinien, Knotenflächen) schwingt. In beiden Fällen kann seine Schwingungsgestalt eine sehr verschiedene seyn, denn es kann wenigstens bei transversal schwingenden Saiten ihre einfachste Schwingungsart, d. h. die, bei welcher sich keine Schwingungsknoten bilden, auf mehr als Eine Weise erregt werden, nämlich nicht blos

dadurch, daß die Saite in ihrer Mitte aus ihrer Ruhe gestoßen oder gezogen und sich dann selbst überlassen wird, sondern dies kann auch in der Nähe des einen ihrer beiden Befestigungspunkte geschehen. Im ersteren Falle bleibt der Gipfel ihrer Ausbiegung stets in der Mitte, im letzteren dagegen läuft dieser abwechselnd von dem einen Befestigungspunkte zum andern. Letztere Schwingungsgestalt ist demnach von der ersteren sehr verschieden, ohne jedoch ihre Tonhöhe zu verändern. Ohne Vergleich mannigfacher aber ist die Zahl der verschiedenen Schwingungsgestalten, welche die Körper bei der Bildung von Schwingungsknoten und Knotenflächen, noch mehr bei der Bildung von Knotenlinien annehmen, denn während bei sich bildenden Schwingungsknoten und Knotenflächen blos durch die verschiedene Zahl und Lage derselben verschiedene Schwingungsgestalten entstehen, wird da, wo sich Knotenlinien bilden, die Mannigfaltigkeit dieser Gestaltungen dadurch bedeutend vermehrt, daß bei den Linien außer Zahl und Lage auch ihre Richtung und Gestalt große Verschiedenheit herbeiführt, wie besonders die zahlreichen Abbildungen der früher betrachteten Klangfiguren, die uns Chladni hinterlassen hat, beweisen. Und welch' bedeutender Einfluß von hier aus auf die Klangerscheinung selbst ausgeübt wird, haben wir uns ja früher schon, im vorhergehenden Kapitel, bei Betrachtung der einzelnen Klangkörper selbst, genugsam überzeugt.

§. 6.

Einfluß der Quantität des schwingenden Körpers auf die graduelle Quantität seines Schalles.

Die verschiedenen Punkte, welche hier in Betracht kommen, ordnen wir ohne Zweifel am besten, wenn wir ganz gesondert von einander betrachten:

a) den Einfluß, den die Länge oder Größe des Durchmessers des schwingenden Körpers,
b) den, welchen seine Breite,
c) den, welchen seine Dicke oder Weite,
d) den, welchen seine Größe überhaupt und sein (relatives) Gewicht, und
e) bei Pfeifen und Blasinstrumenten insbesondere auch den, welchen die Größe ihrer Oeffnungen auf den Ton und insbesondere auf den Grad der Höhe desselben haben können und haben müssen;

und wenn wir bei jedem der vier ersten Punkte die schwingenden Körper, an denen der Einfluß der in Rede stehenden Quantität nachgewiesen werden soll, in derselben Reihenfolge nach einander aufführen, in welcher sie im vorhergehenden Kapitel schon behufs der Erläuterung ihrer verschiedenen Schwingungsarten 2c. nach einander aufgeführt wurden.

§. 7.

Fortsetzung.

Demnach fragen wir zunächst nach dem Einflusse, den die Länge oder Größe des Durchmessers eines schwingenden Körpers auf die Höhe seines Klangprodukts hat oder doch haben kann? und beantworten die Frage vor allen andern Klanggegenständen zuerst blos in Beziehung auf Saiten.

Das Meiste und Wesentlichste über diesen Gegenstand ist uns bereits aus früheren Betrachtungen bekannt. Die Schwingungszahlen, also auch die Höhe der Töne, stehen sowohl bei longitudinal als bei transversal schwingenden Saiten im umgekehrten Verhältnisse ihrer Längen, d. h. je länger eine Saite, desto tiefer ihr Ton; nur unterscheiden sich beide darin, daß bei transversal schwingenden Saiten zugleich auch die Dicke und Spannung einen großen, die Materie dagegen

nur einen sehr geringen Einfluß auf die Tonhöhe hat, bei den longitudinal schwingenden aber die Dicke gar keinen, die Spannung einen nur geringen, dagegen die Materie den größten. Demnach kann man bei zwei transversal schwingenden Saiten von verschiedener Länge nur dann sagen, daß ihre Grundtöne im umgekehrten Verhältnisse ihrer Längen zu einander stehen, wenn Dicke, Spannung und Materie bei beiden gleich sind, während der Satz bei zwei solchen longitudinal schwingenden Saiten schon dann gilt, wenn nur ihre Materie und Spannung gleich ist. Dabei versteht es sich übrigens von selbst, daß dies Gesetz immer die ganze schwingende Saite, die ganze Länge derselben von dem einen festen Ende bis zum andern (sey dies wirklich fest oder auch ein bloßer Schwingungsknoten) im Auge hat.

Bei Luftsäulen (Blasinstrumenten) ist die Länge entweder eine permanente oder blos momentane (durch Oeffnung eines sogenannten Tonloches ꝛc. bewirkt).

In Beziehung auf die permanente Länge dann gilt auch bei Luftsäulen das Gesetz, daß, wenn sonst alle Umstände gleich sind, die Zahl ihrer Schwingungen und somit ihrer Töne sich verhalten umgekehrt wie ihre Länge: eine doppelt so lange Pfeife muß demnach auch einen um eine ganze Octave tieferen Ton geben. Wie gesagt indeß kommt es dabei sehr darauf an, daß alle sonstigen Umstände genau dieselben sind, und daher gehört: einmal ganz gleichartige Begränzung der Luftsäule, dann einerlei Schwingungsweise derselben, und drittens auch vollständige Erschütterung derselben. So bald bei den mit einander zu dem Ende verglichenen Pfeifen auch nur die geringste Abweichung in einem dieser Punkte stattfindet, trifft auch sofort besagtes Gesetz nicht mehr zu. Auch ist jenes Gesetz blos in Beziehung auf die Länge der Luftsäule an und für sich zu verstehen: um vollständig den Einfluß kennen zu lernen, den die Länge der Luftsäule auf deren Ton und

namentlich Tonhöhe hat, kommt, selbst bei permanenter Annahme derselben, nothwendig noch ihr Verhältniß zur Breite und Dicke ihres Körpers in Betracht. Gewöhnlich unterscheidet man in der Beziehung zwei Arten: entweder nimmt man an, daß die Länge weniger als sechsmal größer als die Breite sey, oder daß sie mehr als sechsmal größer als diese sey, d. h. (mit andern Worten) die Luftsäule ist im Verhältniß zu ihrer Länge entweder beträchtlich dick und zwar so dick, daß dies ihr Verhältniß sich von 1:1 bis 6:1 bemessen läßt, oder ist sie beträchtlich dünn und zwar so dünn, daß dies ihr Verhältniß noch über das Maaß von 6:1 hinausgeht. Jenes beträchtlich dicke Verhältniß findet bei allen kubisch und kugelförmig gestalteten Pfeifen statt. Erstere, welche man viel in Orgeln findet, geben einen äußerst reinen Ton von schönem Klange, sprechen auch leicht an, aber einen Flageoletton aus ihnen zu erhalten, ist fast ganz unmöglich, und die Kuben der Schwingungszahlen ihrer Grundtöne verhalten sich umgekehrt wie die Luftmassen. Die zweiten, die kugelförmig gestalteten Pfeifen, geben so dumpfe Töne, daß sie zu musikalischen Zwecken gar nicht verwendet werden können; im Uebrigen gilt auch bei ihnen das Gesetz der kubischen Pfeifen, wenn nämlich die Oeffnung bei allen eine gleiche Anzahl von Graden umfaßt. Bei prismatischen Pfeifen, deren Länge größer als die Breite ist, aber dieselbe nicht über sechsmal übersteigt, bei denen also die beiden Dimensionen zwischen dem Verhältnisse 1:1 und 6:1 stehen, können sich Länge und Breite nicht ändern, ohne zugleich auch den Ton der Luftsäule zu erhöhen oder zu vertiefen, ausgenommen wenn in solchem Verhältnisse die eine zu- und die andere abnimmt, also ihr Flächenraum eigentlich gleich bleibt. Und vergleicht man solche prismatische Orgelpfeifen, die ein und denselben Ton geben, weil das Produkt ihrer Länge und Breite bei allen gleich ist, mit andern prismatischen, die wieder blos einen, aber von dem vori-

gen verschiedenen Ton geben, indem das Produkt ihrer Länge und Breite abermals sich gleich bleibt, so findet man, daß die Schwingungszahlen beider Töne sich fast umgekehrt verhalten wie die Quadratwurzeln jener Produkte. Die Quadrate der Schwingungszahlen der Grundtöne aller prismatischen Orgelpfeifen, deren Breite wenigstens ein Sechstheil der Länge beträgt und deren offene Spalte quer über die ganze Dicke der Pfeife sich erstreckt, verhalten sich also umgekehrt wie die auf der Spalte senkrecht stehenden Flächen der Orgelpfeifen, und dieses Gesetz gilt eben sowohl für offene als für gedeckte Pfeifen. Auch kann man als Regel annehmen, daß eine im Verhältniß zu ihrer Länge ziemlich weite Röhre ihre tieferen Töne leicht, die höheren ungern oder gar nicht anspricht, weshalb z. B. auf der Flöte bei dem Griff $\overline{a}$ schon der Flageoletton $\overline{\overline{a}}$ nicht völlig leicht und gut anspricht und die folgenden Flageolettöne noch schwerer. Das zweite beträchtlich dünne Verhältniß treffen wir unter den musikalischen Instrumenten hauptsächlich bei den Trompeten, Posaunen und Hörnern, und wie wir von ihnen aus praktischer Erfahrung wissen, sinkt dabei der Ton in demselben Maaße, in welchem wir die Röhre verlängern. Auch gilt hier das Gesetz, wornach die Schwingungen der Grundtöne für einen bestimmten Zeitraum sich umgekehrt verhalten wie die Längen der Pfeifen, wenn nämlich, wie fast bei allen jenen Instrumenten, die Breite kleiner als der zwölfte Theil der Länge wird, weil alsdann der Einfluß, den die ungleichförmige Erschütterung der in einem Querschnitte liegenden Lufttheilchen hat, so ziemlich ganz aufhört. Deshalb aber kann man hier auch als Regel annehmen, daß eine im Verhältniß zu ihrer Länge ziemlich enge Röhre ihre höheren Flageolettöne leicht, während sie ihre tiefern und zumal ihren Grundton nur ungern oder gar nicht anspricht, weil sich nämlich bei einem solchen Dimensionsverhältnisse die Luftsäule leicht in ihre aliquoten Theile theilt.

Der Hornist und Trompeter weiß das am besten, weil ihm nie gelingt, den eigentlichen Grundton seines Instruments herauszubringen, sondern sein eigentliches Tonbereich erst vom ersten Flageoletton desselben an beginnt.

Die momentane Länge einer Luftsäule wird bei den Instrumenten, bei welchen sie vorkommen kann, entweder durch Verschieben der Röhre oder durch die sogenannten Tonlöcher bewirkt. Die Röhre eines Blasinstruments, wo das Mittel ihres Verschiebens zur Veränderung des Tones angewandt werden soll, ist so eingerichtet, daß sie sich ungefähr wie ein Taschenperspectiv durch Ineinanderschieben und wieder Auseinanderziehen augenblicklich verkürzen oder verlängern läßt. Allgemein üblich ist diese Einrichtung bei der Posaune, wodurch dieselbe im Stande ist, eine ununterbrochene chromatische Tonreihe ohne irgend eine Lücke und mit völlig gleicher Klangstärke anzugeben, und neuerdings auch, doch weniger allgemein, bei dem Waldhorne, nämlich dem sogenannten Inventionshorne. Hinsichtlich des Mittels der Tonlöcher zu gleichem Zwecke müssen wir, um dessen Wirkung vollständig zu begreifen, vorerst noch einmal zu einem allgemeinen Grundsatze zurückkehren. Wird in einer cylindrischen oder prismatischen Röhre zwischem dem Ende, an welchem die Tonerregung geschieht, und der entgegensetzten Oeffnung ein Loch gebohrt, das eben so weit ist als die Röhre selbst, so giebt die Luftsäule denselben Ton, wie eine übrigens gleiche und auf gleiche Weise angeblasene Röhre von der Länge bis zum eingebohrten Loche, weil nämlich die Luftsäule nur bis zu diesem Loche schwingt und durch dieses ein Schwingungsknoten bewirkt wird. Demnach erscheint in diesem Falle der Ton um eben so viel erhöht, als die Luftsäule verkürzt worden ist, und eine mit einem solchen Loche versehene Röhre vertritt also die Stelle zweier Röhren, deren eine ihrer Totallänge, die andere aber der Länge des Zwischenraums zwischen dem

angeblasenen Ende und dem Loche gleicht. Die Stelle der letztern vertritt sie dann, wenn das Loch offen, die Stelle der erstern, wenn dasselbe bedeckt und dadurch seine Wirkung aufgehoben ist. Statt eines solchen Loches dann lassen sich auch mehrere der Art anbringen, so daß auf diese Weise ein und dieselbe Röhre die Stelle von 3, 4, 5 ꝛc. Röhren vertreten kann, deren je eine der Länge des Zwischenraums zwischen dem angeblasenen Ende und einem gewissen allein offen stehenden Loche gleich ist, und wie viele Röhren auf solche Weise dann eine einzige Röhre vertritt, eben so vieler Grundtöne ist diese fähig, so daß also z. B. ein Instrument mit 11 Tonlöchern zwölf Grundtöne (ohne die abgeleiteten Flageolet- und durch Kunst im Ansatze ꝛc. hervorgebrachten Töne) hervorzubringen im Stande ist. Doch in der That das bis dahin über den gegenwärtigen Gegenstand Vorgetragene auf's praktische Leben angewendet, müssen immerhin einige Modificationen dabei eintreten, schon weil das aufgestellte Gesetz sich zunächst blos auf selbstständig schwingende Luftsäulen bezieht, wie sie nur in den Flötenwerken erscheinen, während die meisten Blasinstrumente mit Tonlöchern (Clarinette, Hoboe, Fagott ꝛc.) zu den Zungenwerken gehören, in denen die Luftsäule nicht selbstständig schwingt, und weil die Tonlöcher dieser Instrumente nicht die Weite ihrer Röhre haben, vielmehr enger sind, und so bei ihnen das jenseits des offenen Loches noch befindliche Röhrenstück immer noch einigen Einfluß auf die diesseits desselben schwingende Luftsäule behält, nämlich einen ähnlichen tonvertiefenden Einfluß wie das sogenannte Stopfen beim Horne und bei der Trompete.

§. 8.

Fortsetzung.

Um den Einfluß zu bemessen, den die Länge eines Stabes auf seine Tonhöhe hat oder doch haben kann, kommt

viel darauf an, ob er ein gerader oder ein krummer Stab ist: bei longitudinal schwingenden geraden Stäben verhalten sich bei einerlei Schwingungsart die Töne mehrerer aus einerlei Materie bestehenden Stäbe umgekehrt wie deren Längen (je länger desto tiefer, je kürzer desto höher), auf die Dicke kommt gar nichts an; bei drehend schwingenden geraden (also runden) Stäben steht bei einerlei Schwingungsart die Zahl der Schwingungen, also auch die Tonhöhe, gleichfalls im umgekehrten Verhältnisse ihrer Länge und ist unabhängig von der Dicke, wenn der Stab cylindrisch oder parallelepipedisch von quadratischem Querschnitt ist; sind dagegen Dicke und Breite des parallelepipedischen Stabes verschieden, so hängt die Schwingungszahl auch von diesen Dimensionen mit ab; bei transversal schwingenden geraden Stäben verhalten sich die Töne bei einerlei Schwingungsart und übrigen gleichen Umständen umgekehrt wie die Quadrate der Längen, so daß also z. B. ein Stab, der blos noch einmal so lang als ein anderer, aber sonst demselben ganz gleich ist, auch ebenso schwingt, dennoch einen um ganze zwei Octaven höheren Ton von sich giebt, und dies gilt, der Stab mag welche Form haben; und bei krummen Stäben endlich steht die Tonhöhe eines an beiden Enden freien, kreisförmig gebogenen und longitudinal schwingenden Stabes im umgekehrten Verhältnisse zu seiner Länge, wofern nämlich die Anzahl der Grade, die der Bogen desselben unterspannt, gleich bleibt; krümmt man dagegen einen elastischen Stab von gleichbleibender Länge mehr oder minder, so daß er nach und nach die Gestalt von $^1/_8$, $^1/_4$, $^1/_2$, $^3/_4$, 1 ganzen Umkreis annimmt, so ändern sich seine Töne auch auf die früher schon, im vorhergehenden Kapitel bei Betracht der Schwingungsarten krummer Stäbe angegebene Weise.

Die Tonhöhe einer transversal schwingenden rechteckigen Membrane verhält sich direkt wie die Quadratwurzel des spannenden Gewichts, umgekehrt wie die Quadratwurzel ihres

eigenen (relativen) Gewichts und bleibt constant, wie auch die Größe der Oberfläche und Dicke sich ändern mögen, so lange das Gewicht constant bleibt; erst wenn sich beide Dimensionen der rechteckigen Membrane in gleichem Verhältniß ändern, ändert sich auch die Tonhöhe und zwar im umgekehrten Verhältnisse davon, so daß, wenn z. B. eine rechteckige Membrane dreimal so lang und dreimal so breit wird als vorher, ihre Tonhöhe auf das Drittel der frühern herabkommt. Wie schon früher bemerkt indessen kommt im praktischen Tonleben eine eckige Membrane gar nicht vor, und so können wir es in Beziehung auf den gegenwärtigen Gegenstand bei dieser kurzen Andeutung bewenden lassen; bei kreisförmigen Membranen aber verhält sich die Tonhöhe — was wir bereits von den Trommeln und Pauken her wissen — immer im gleichen Verhältnisse mit der anspannenden Kraft: je mehr diese desto mehr dort oder desto höher der Ton und umgekehrt.

Wie bei Stäben, so unterscheiden wir auch bei starren Flächen überhaupt gerade und krumme. Hinsichtlich der ersteren steht bei einer longitudinal schwingenden kreisrunden Scheibe, deren Elasticität nach allen Richtungen gleich ist, die Zahl der Schwingungen (Tonhöhe) im umgekehrten Verhältnisse ihres Radius und ist unabhängig von ihrer Dicke, und bei einer transversal schwingenden geradlinig rechteckigen Scheibe kommt sowohl die Länge an sich als deren Verhältniß zur Breite in Betracht, deren Einfluß wir schon früher kennen gelernt haben; bei einer so schwingenden krummlinigen Scheibe aber verhalten sich, wenn sie kreisrund ist, die Schwingungszahlen und Töne (bei gleicher Dicke und Materie und bei einerlei Schwingungsart) umgekehrt wie die Quadrate der Durchmesser, und wenn sie eliptisch ist, so kommt das Verhältniß der beiden Durchmesser in Betracht, dessen Resultat ebenfalls schon früher angegeben wurde (bei Untersuchung der

Schwingungsarten selbst — im vorhergehenden Kapitel). Und hinsichtlich der letzern, der krummen Flächen, nimmt bei Glocken die Tiefe im Verhältnisse der Quadrate der Durchmesser zu, bei Kugeln aber steht die Tonhöhe im umgekehrten Verhältnisse ihrer Radien.

§. 9.

Fortsetzung.

Fragen wir nun nach dem Einflusse der Breite eines schwingenden Körpers auf seine Tonhöhe, so ist derselbe in Bezug auf Luftsäulen, Membranen und Scheiben schon oben im Verlaufe der Betrachtung des Einflusses der Länge eines schwingenden Körpers auf sein Klangprodukt, angegeben worden, und in Bezug auf Stäbe muß zuvor unterschieden werden, ob dieselben drehend oder ob sie transversal schwingen. Ist Ersteres der Fall, so bleibt die Zahl der Schwingungen, also auch die Tonhöhe, dieselbe, wenn Breite und Dicke in gleichem Verhältnisse zu- oder abnehmen, auch wenn der Stab nach diesen beiden Dimensionen eine ungleiche Elasticität besitzt. Ist aber die Dicke des Stabs sehr klein im Verhältniß zur Breite, so steht die Tonhöhe im geraden Verhältniß der Dicke und im umgekehrten der Breite, und dies sowohl wenn der Stab nach allen Richtungen gleich elastisch als wenn er nicht gleich elastisch ist. Bei gleicher Elasticität eines solchen Stabes nach allen Richtungen steht seine Tonhöhe allgemein im geraden Verhältniß des Quotienten, den man erhält, wenn man das Produkt aus der Breite in die Dicke durch die Summe der Quadrate der Breite und Dicke dividirt. Bei transversal schwingenden Stäben dagegen trägt die Breite gar Nichts oder doch fast gar Nichts zur Bestimmung ihrer Tonhöhe bei, sondern nur bewirkt hier eine größere Breite eine vermehrte Stärke des Klanges.

§. 10.

Fortsetzung.

Anlangend den Einfluß der Dicke eines schwingenden Körpers auf sein Klangprodukt, ist zunächst bei Saiten, wenn sie longitudinal schwingen, ihre Tonhöhe gar nicht davon abhängig; schwingen sie aber transversal, so verhalten sich, bei einerlei Länge, Spannung und Schwingungsart, die Töne umgekehrt wie die Dicke der Saiten, so daß z. B. wenn eine Saite zweimal so dick als eine andere ist, die Töne der dickeren um eine Octave tiefer als die der letzteren sind.

Und in Beziehung auf Luftsäulen bleibt nach dem, was schon oben bei Betracht des Längeneinflusses im Allgemeinen darüber gesagt wurde, nur noch die übrigens sehr merkwürdige Erscheinung zu erwähnen übrig, daß in einer sehr weiten Pfeife nicht alle Theile der somit sehr dicken Luftsäule zur Hervorbringung des Tones beitragen, sondern daß man unbeschadet des Tones gewisse Theile der Luftmasse, vorzüglich in der Nähe der Ecken und Winkel, abschneiden und durch feste Wände von der übrigen Luft trennen kann. Die eigentlich schwingende Luftmasse nämlich hat immer die Gestalt eines Cylinders, dessen Basis am meisten einer Elipse gleicht, und dessen Axe der Oeffnung des Mundstücks parallel ist. Daher ist denn jene Erscheinung auch vorzüglich und namentlich bei vierkantigen Pfeifen bemerkbar, und scheint mir auf ihrer Thatsache das Mittel zu beruhen, welches Kaufmann in Dresden erfunden und bei seinem Flötenwerke angewandt hat, selbst bei Flötenregistern noch ein crescendo und decrescendo bis zu einem gewissen Grade ohne Veränderung des Tones, also eine Art Compensation der Pfeifen zu bewirken. Beide nämlich beruhen allbekannt auf Zu- und Abnahme der Heftigkeit der Schwingungen der Luftsäule in dem Pfeifenkörper; eben so bekannt ist aber auch, daß ein heftigeres Anblasen

diese Schwingungen zugleich beschleunigt und somit den Ton erhöht, und umgekehrt; allein indem Kaufmann seine Pfeifen vierkantig baute und eine mechanische Vorrichtung erfand, durch welche er bei heftigerem Anblasen einen Theil der Luft aus den Pfeifen nach und nach seitwärts auslassen kann, dieser Theil aber jedenfalls kein anderer als der nicht mitschwingende, der den schwingenden Luftcylinder blos umgebende ist und seyn kann, so bewirkte er, daß mit dem heftigeren Anblasen die ursprünglichen Schwingungen nicht zugleich schneller, sondern — weil nun der Luftcylinder mehr Raum hat — blos heftiger und weiter werden (um eben so viel, als die Schwingungen ohne dies Mittel schneller geworden seyn würden, werden sie, da der Pfeifenkörper nothwendig ausgefüllt seyn will, blos weiter), Heftigkeit und Weite der Schwingungen aber wirken wohl auf die Stärke, nicht jedoch auf die Höhe des Tons. Ich werde dieses interessante und allgemein eingeführt gewiß höchst folgenreiche Compensationsmittel der Flötenregister gelegentlich in einer besondern Schrift ausführlich beschreiben, und läßt sich sein Resultat auch vielleicht noch auf andere Weise erklären, so bleibt es selbst an und für sich doch eine unwiderlegbare Thatsache.

Bei Stäben ist abermals, wenn sie longitudinal schwingen, ihre Tonhöhe unabhängig von ihrer Dicke; auch wenn sie drehend schwingen, bewirkt die Dicke in dem Falle keine Veränderung des Tones, wo sie eine cylindrische oder parallelepipedische Form von quadratischem Querschnitt haben; sind aber Dicke und Breite verschieden, so gelten dieselben schon oben bei dem Breiteneinflusse erwähnten Gesetze; und bei transversal schwingenden cylindrischen und parallelepipedischen Stäben von einerlei Materie und einerlei Schwingungsart stehen die Töne im geraden Verhältnisse der Dicke, so daß also z. B. ein Stab, der noch einmal so dick als ein anderer ist, auch (bei übrigens gleichen Umständen) einen gerade um

eine Octav höheren Ton als dieser giebt, weil nämlich die Spannkraft mit der Dicke schneller als die Masse zunimmt, wodurch die Schwingungen beschleunigt werden. Aendert sich die Materie oder auch nur die Schwingungsart, welches letztere z. B. sofort bei bloßen Unebenheiten oder Ungleichheiten der Dicke der Fall ist, so entstehen natürlich auch sogleich Aenderungen in der Tonerzeugung.

Bei Membranen hat eine Aenderung der Dicke und auch der Größe durchaus keinen Einfluß auf die Tonhöhe, so lange das spannende Gewicht und ihr eigenes Gewicht constant bleibt, sondern nur in der eigentlichen Klangfarbe kann dadurch einige Verschiedenheit erzeugt werden.

Dagegen steht bei Scheiben, jedoch auch nur bei transversal schwingenden, die nach allen Richtungen gleich elastisch sind, die Schwingungszahl wieder im geraden Verhältnisse zur Dicke, so daß hier dasselbe eintrifft, was bei transversal schwingenden Stäben Gesetz war. Dabei ist aber für die Regelmäßigkeit der Schwingungen und der sie versichtbarenden sogenannten Klangfiguren sehr die Gleichmäßigkeit der Dicke von Wichtigkeit. Und auch bei den Glocken sind die Töne desto höher, je dicker ihre Wände sind.

§. 11.

Fortsetzung.

Fassen wir alles bisher Gesagte zusammen, so ergiebt sich von selbst, daß auch die gesammte Größe und das gesammte (relative) Gewicht eines Körpers von namhaftem Einflusse auf seine Tonhöhe seyn muß, und dies zwar in der Art, daß, wenn alle Dimensionen eines beliebig gestalteten Körpers zugleich nach demselben Verhältnisse wachsen und abnehmen, sich die Schwingungszahl des Körpers (also seine Tonhöhe) nach dem umgekehrten Verhältnisse der Dimensionen ändert, so daß, wenn z. B. ein parallelepipedischer Stab

doppelt so lang, breit und dick als vorher wird, die Zahl seiner Schwingungen auf die Hälfte der vorigen herabkommen, also sein Ton sich um eine ganze Octave vertiefen wird. Auch erstreckt sich dies Gesetz auf Körper, in denen die Elasticität verschieden nach verschiedenen Richtungen ist, wie nicht minder auf die Schwingungen einer in einem begränzten Raume eingeschlossenen Luftmasse. Vergleicht man z. B. — wie schon oben bei Betracht des Längeneinflusses geschah — Orgelpfeifen ein und desselben Registers mit einander oder prismatische Orgelpfeifen, die ein und denselben Ton geben, weil das Produkt ihrer Länge und Breite bei allen gleich ist, mit andern prismatischen Orgelpfeifen, die einen andern, aber auch nur Einen Ton geben, weil auch bei ihnen allen das Produkt der Länge und Breite gleich ist, so verhalten sich die Schwingungszahlen beider Töne zu einander umgekehrt wie die Quadratwurzeln jener Produkte. Stäbe von einerlei Stoff und Gestalt, nur verschieden groß, aber dies auch genau im Verhältniß der verschiedenen Dimensionen, geben (bei zugleich einerlei Schwingungsart) Töne, die sich jederzeit verhalten umgekehrt wie die Kubikwurzeln ihrer relativen Gewichte. Das gilt auch von Glocken und runden Gefäßen. Und über den Einfluß des Gewichts bei Membranen auf den Ton ist schon oben bei den Längen das Nöthige gesagt worden.

§. 12.

Fortsetzung.

So bleibt denn zu betrachten nur noch übrig der Einfluß, den bei Pfeifen und Blasinstrumenten insbesondere auch die Größe ihrer Oeffnungen auf den Ton hat, haben kann und haben muß. — Oeffnungen haben unsere Blasinstrumente in drei verschiedenen Richtungen: einmal an dem Ende, wo sie angeblasen werden und welches gewöhnlich das untere Ende genannt wird; dann an dem diesem entgegen-

gesetzten oder **oberen** Ende, und endlich viele Instrumente auch an den Seiten (Seitenöffnungen, Tonlöcher rc.). — Betrachten wir jede der drei Arten insbesondere.

Die **untere** Oeffnung hat fast bei jeder einzelnen Gattung von Blasinstrumenten einen besondern technischen Namen. Bei Orgelpfeifen heißt sie gewöhnlich **Mündung**, bei Oboen, Fagotten rc. **Spalt**, auch **Rohrloch**, bei Flöten **Mundloch** rc. Bekümmern wir uns darum nicht weiter, bleiben vielmehr bei der allgemeinen Bezeichnung **untere Oeffnung** stehen.

Die Größe dieser Oeffnung kann eine **permanente** oder eine blos **momentane** seyn. Permanent ist sie z. B. bei allen Orgelpfeifen, und untersuchen wir hier ihren Einfluß auf den Ton, so ergiebt sich im Allgemeinen, daß, je kleiner die Oeffnung, desto höher der Ton ist; doch trifft dies nicht bei prismatischen oder fast kubisch geformten Pfeifen zu, wo vielmehr mit Verengerung der untern Oeffnung der Ton sich vertieft, was übrigens seine ganz natürliche Ursache hat, da nun die Luftsäule der Pfeife nicht mehr in ihrem Ganzen, sondern nur theilweise erschüttert wird. Momentan ist die Oeffnung fast bei allen Blasinstrumenten, bei deren Tractament der Bläser die Lippen gebraucht, indem jene bei solchen Instrumenten durch diese (die Lippen) bald verengert bald erweitert wird. Im Allgemeinen gilt da, daß eine Verengerung der Oeffnung den Ton erhöht, eine Erweiterung vertieft; doch kommen auch hier wieder bei einzelnen Instrumenten, und namentlich bei der Flöte, ganz entgegengesetzte Wirkungen zum Vorschein, indem bei diesem Instrumente durch eine Verengerung oder theilweise Verdeckung des Mundlochs mit der Lippe der Ton geradezu tiefer gemacht wird. Zur Erklärung dieser Erscheinung kann nur die Annahme dienen, daß der mechanische Entstehungsgrund der harmonischen Töne der Flöte die Erweiterung der Mündung sey.

Auch die Größe der obern Oeffnung kann eine permanente und momentane seyn. Die möglichen Grade der permanenten Größe lassen sich in drei verschiedene Classen theilen: entweder hat die Oeffnung die gleiche Weite wie der übrige Theil der Röhre, wie namentlich bei der Flöte und den offenen Labialpfeifen der Orgel, und erleidet dann die Tonhöhe des Instruments gar keine Aenderung durch diese Oeffnung; oder ist die Oeffnung weiter als der übrige Theil der Röhre, wie bei allen Instrumenten mit sogenannten Schallbechern oder Stürzen, und wird dann der Ton sowohl qualitativ als quantitativ dadurch geändert, weil heller, stärker und zugleich höher dadurch gemacht, als er sonst der Länge der Röhre zu Folge seyn würde; oder endlich ist die Oeffnung enger als der übrige Theil der Röhre, wie indeß nur bei einigen Orgelpfeifen, und wirkt alsdann dieselbe vertiefend und verdumpfend, auch schwächend auf den Ton. Die Wirkung der weiteren Oeffnung rührt daher, weil die Länge der Luftsäule durch diese Divergenz des einen Endes etwas verkürzt wird, welcher Erfahrung zu Folge man denn auch offene Labialpfeifen von Blei oder Zinn sofort höher stimmt, wenn man sie an ihrem offenen Ende, dem sogenannten Stimmhorne, auseinander biegt, und umgekehrt tiefer stimmt, wenn man sie hier etwas zusammendrückt, weil nämlich durch eine solche Convergenz die Luftsäule etwas verlängert wird. Doch kann die Verengerung der oberen Oeffnung auch geschehen entweder durch theilweises Decken oder durch dieses und jene Convergenz zusammen. Die theilweise Deckung geschieht auf verschiedene Art, wie die sogenannten Rohrflöten in unsern Orgeln beweisen, und Deckung und Convergenz zusammen trifft man unter andern bei den Orgelregistern Nasat, Nachthorn und Flauto dolce oder Flûte douce.

Eine blos momentane Größe der oberen Oeffnung hat bei dem sogenannten Stopfen statt, wodurch unsere Trompeter

und Hornisten den Ton ihrer Instrumente je nach Bedürfniß vertiefen, indem sie die halbrund zusammengelegte Hand weniger oder mehr in den sogenannten Trichter (die Stülpe) hineinbewegen. Je weiter das geschieht, desto tiefer wird der Ton, weil sich die schwingende Luftsäule des Instruments dadurch gleichsam verlängert, aber der Ton wird dadurch auch dumpfer und matter, unklarer, und diese Wirkung nimmt mit der Vertiefung zu, die bis zu einer vollen Secunde sich steigern kann.

§. 13.

Fortsetzung.

Bei den Seitenöffnungen, deren Größe, wie sie für sich selbst, endlich noch von bedeutendem Einflusse sowohl auf die Qualität des Tones als unmittelbar auf seine Höhe bei Blasinstrumenten ist und seyn kann, hat man natürlich nur an den sogenannten Aufschnitt (bouche) der Labialpfeifen der Orgeln und die sogenannten Tonlöcher verschiedener Blasinstrumente, als Clarinette, Oboe, Fagott rc., zu denken. Auch die Größe dieser Oeffnungen ist entweder eine permanente oder eine blos momentane. Ist sie permanent, so erscheinen bei ihrer Verminderung ganz entgegengesetzte Wirkungen, indem der Ton dadurch sowohl tiefer als höher gemacht werden kann. Tiefer wird er z. B., wenn man bei gedeckten Labialpfeifen den Aufschnitt noch durch sogenannte Bärte verengert, und noch mehr, wenn man dem Aufschnitte wohl gar eine dachförmige Bedeckung giebt. Damit hängt zusammen, was wir eigentlich schon wissen, daß bei einem Tonloche, welches gleiche Weite mit der Röhre hat, der Ton der Länge des Zwischenraums zwischen der Oeffnung, wo die Röhre angeblasen wird, und dem offenen Tonloche umgekehrt völlig proportional ist, während er etwas tiefer wird, wenn das

Tonloch nicht so groß ist, wornach also Verkleinerung des Tonlochs hier mit seiner bloßen Verengerung durch andere Mittel in der Wirkung als völlig einerlei betrachtet werden muß. Höher aber wird der Ton ebenfalls dadurch, indem die Verengerung, z. B. des Aufschnitts einer sowohl offenen als gedeckten Labialpfeife, soweit getrieben werden kann, daß nicht mehr deren Grundton, sondern statt dessen ihr erster Flageoletton zum Vorschein kommt. Dasselbe erfahren wir beim Blasen der Flöte, und auf die Erfahrung, daß demnach eine Pfeife nur bei gehöriger Weite des Aufschnitts den ihrer Länge zugehörigen tiefsten Ton geben kann, der immer zugleich der volltönendste von allen Tönen ist, die sie hervorbringen kann, stützt sich daher auch das Verfahren der Orgelbauer, das obere Labium desselben Anfangs immer tiefer herabreichen zu lassen als es seyn darf, und erst nachgehends, nachdem die Pfeife schon an ihre Stelle gebracht ist und gestimmt wird, nach und nach so viel davon abzuschneiden, als nöthig ist, dem Aufschnitte die zur Hervorbringung des tiefsten Tons bedürftige Weite zu geben, denn auch das Maximum der Größe hat seine Gränze, jenseits welcher die Pfeife sofort schlecht oder gar nicht anspricht. Freilich kommt dabei auch die Richtung der beiden Labien sehr in Betracht, indem, tritt das eine oder andere zu sehr nach Innen oder nach Außen, ebenfalls gleich die Wirkung einer schlechten Ansprache entsteht, die nur durch eine gleichmäßige Wendung der Labien nach Innen vermieden wird.

Fälle blos momentaner Größe der Seitenöffnung kommen namentlich beim Fagott vor, wo der Bläser zur Hervorbringung des tiefen Cis ein gewisses Tonloch nur halb bedecken darf. Doch haben Instrumente nach der neuesten, von Almenräder erfundenen Construktion diese Mangelhaftigkeit nicht mehr, vielmehr auch für jenen Ton ein eigenes in seiner Wirkung zureichendes Tonloch.

§. 14.
Einfluß des die Schwingungen bewirkenden Körpers auf die graduelle Quantität des Tones des eigentlich schwingenden oder selbsttönenden Körpers.

Hiernach wäre, vor Uebergang zur Betrachtung der Ursachen der Zeitdauer eines Tones 2c., der ersten Anlage unserer Forschungen zu Folge nur noch zu untersuchen, welchen Einfluß auch die Qualität und Quantität des einen schwingenden Körper berühenden Gegenstandes auf den Ton oder Schall jenes haben kann und hat; allein der Gegenstände, welche einen selbsttönenden Körper während seiner Schwingungen zu berühren und so auf die Art und Weise seines Tonprodukts wesentlich einzuwirken vermögen, können zweierlei seyn, nämlich sowohl der Körper, durch welchen jener selbsttönende Körper erst in die zum Tönen nöthigen Schwingungen versetzt wird, als derjenige, in oder an welchem nun die Schwingungen selbst geschehen, und wir erleichtern uns daher ohne Zweifel unsere Aufgabe, wenn wir demnach auch unsere diesseitige Untersuchung in zwei verschiedene Specialbetrachtungen zerfallen lassen, und somit zunächst nur erst fragen — wie es in der Ueberschrift dieses Paragraphen heißt — nach dem Einflusse, den derjenige Körper auf den Ton hat oder doch haben kann, durch welchen der eigentlich tongebende Körper in Schwingung versetzt wird. Soll nämlich ein Körper in wirklich tönende Schwingungen versetzt werden, so muß er in einem regelmäßigen und angemessenen Takte hinreichend stark gestoßen werden, und dazu ist eine Kraft nöthig, die immer von einem zweiten Gegenstande oder Körper ausgeht und zwar einem solchen, welcher entweder blos jene Stöße ertheilt, ohne selbst mitzuschwingen, oder welcher jenes thut und während dessen zugleich auch mit-

schwingt. Körper erster Art sind im gewöhnlichen Leben z. B. die Geigenbögen, die Finger, nasses Tuch, Filz, Leder, Korkholz, hölzerne mit Leder oder Filz überzogene Hämmer (bei den Fortepianos), Luftströme, bei Trommeln und Pauken Schlegel rc.; und Körper der zweiten Art z. B. schwingende Saiten, Luftsäulen, Stäbe, Membranen, Zungen, reibende Walzen rc. Das Verfahren, durch Körper erster Art andere in Schwingung zu bringen, heißt unmittelbare Erregung, und das der Schwingungserzeugung durch Körper zweiter Art umgekehrt mittelbare Erregung. So erregt man die Schwingungen z. B. einer Platte oder Saite unmittelbar, wenn man sie selbst etwa mit einem Violinbogen streicht oder mit den Fingern anschnellt, aber mittelbar erregt man sie, wenn man mit der Platte noch einen andern elastischen Körper in Verbindung bringt und nun diesen erst in Schwingungen versetzt, damit er alsdann seine Schwingungen auch der Platte mittheilt. Es leuchtet ein, daß nicht blos die Qualität und Quantität des Körpers überhaupt, durch welchen die Schwingungen bewirkt werden, sondern auch letzterwähnte verschiedene Art der Erregung von wesentlichem Einflusse auf die Beschaffenheit des Klangprodukts seyn muß.

§. 15.

Fortsetzung.

Bleiben wir zunächst bei dem letzteren Punkte, der Erregungsart, stehen. Wir wissen, daß Schwingungen, die einen Ton erzeugen sollen, einmal sich durch die Eigenschaft der Regelmäßigkeit auszeichnen und dann auch hinreichend schnell geschehen müssen. Diesen beiden Eigenschaften haben somit auch die Stöße des zweiten Körpers zu entsprechen, durch welche tönende Schwingungen erregt werden sollen. Regelmäßige Schwingungen können also auch nur von einer

Reihe regelmäßig auf einander folgender und solcher Stöße erzeugt werden, die der Schwingungsart des tongebenden Körpers angemessen sind. Was die Regelmäßigkeit anbelangt, so taugen dazu beiderlei Erregungsweisen, sowohl die unmittelbare als die mittelbare, durch beide können regelmäßige Stöße, also in dem erregten Körper auch regelmäßige Schwingungen erzeugt werden; nur setzt die mittelbare Erregungsart voraus, daß der Körper, von dem sie ausgeht, auch vorher regelmäßig erschüttert worden ist, denn Ursache und Wirkung entsprechen sich hier in vollkommenster Gleichmäßigkeit, wie jene in ihren ersten Grundlagen beschaffen ist, so auch diese in allen Folgen, und eine Unregelmäßigkeit in der Erregungsweise von vorn herein erzeugt auch sofort Unregelmäßigkeit in den Schwingungen durch alle Grade und diese stets keinen reinen musikalischen Ton. Angemessene Stöße, d. h. solche Stöße aber, wie für den zu erregenden Körper überhaupt, und für die etwa beabsichtigte besondere Schwingungsart am geeignetsten sind, können nur von einem Körper ertheilt werden, der entweder schon in dem dazu angemessenen Takte sich bewegt oder doch durch Accommodation leicht diesen Takt annimmt, und hier zeigt sich ein sehr wichtiger und großer Unterschied zwischen den beiden Erregungsarten, indem die Körper, von welchen die unmittelbare Erregungsweise ausgeht, sich immer leichter in ihrer Bewegung der zur beabsichtigten Tonwirkung nöthigen Schwingungsweise accommodiren, als diejenigen, welche schon vor der Tonschwingung schwingen und so unmittelbar jene erregen. Ein Violinbogen z. B. accommodirt sich sofort und so zu sagen von selbst derjenigen Schwingung, zu welcher der Körper, den er streicht, um diesen oder jenen Ton hervorzubringen geneigt ist, und stößt einen zu einem tiefern Tone geneigten Körper in einem langsamern, einen zu einem höhern Tone geneigten Körper aber in einem schnellern Takte, weil nämlich der Takt, in welchem er stößt,

größtentheils selbst von den Rückstößen abhängt, die er von dem tönenden Körper erhält, und so auch bei scheinbar langsamerer Bewegung seiner selbst seine Stöße dennoch viel schneller sind, wenn er eine dünne und straffer gespannte Saite streicht, als wenn diese dicker und schlaffer gespannt ist; aber eine schwingende Saite oder ein schwingender Stab, die durch ihre Schwingungen erst einen andern Körper in tongebende Schwingungen versetzen sollen, accommodiren sich den Schwingungen, welche dieser machen muß, um den beabsichtigten Ton hervorzubringen, entweder gar nie oder doch sehr schwer und nur in dem Falle, wo der beabsichtigte Ton demjenigen entspricht, den sie mit ihrer Schwingungsweise selbst zu geben im Stande sind, und wo der durch sie erregte Körper wirklich auch fähig ist, den beabsichtigten Ton zu erzeugen. Ebenso können auch zur Erzeugung von Tonschwingungen hinreichend starke Stöße zwar ebensowohl von blos stoßenden Körpern, also durch die unmittelbare Erregungsweise, als von selbstschwingenden Körpern, also auf eine mittelbare Weise, ertheilt werden; allein sehr oft haben die auf letzterem Wege bewirkten Stöße gleichwohl die nöthige Stärke nicht, um ein Selbsttönen in einem andern Körper zu veranlassen, sondern bewirken in diesem blos ein Mittönen oder beschränken sich, was die eigentliche Tonerscheinung betrifft, blos auf den Ton, welchen derjenige Körper von sich giebt, von dem sie ausgehen, so daß sie also den erregten Körper doch nur in eine tonlose Schwingung versetzen. Das ist z. B. der Fall beim Aufsetzen einer tönenden Stimmgabel auf den Resonanzboden eines Claviers, wo sofort die gleich hoch gestimmte Saite dieses die Schwingungen jener aufnimmt, doch in einem solch schwachen Maaße, daß sie dadurch nur zu einem Mittönen gereizt wird ꝛc.

Aus Allem folgt, daß die unmittelbar erregten Schwingungen immer die reinsten, vollsten, stärksten, klarsten und auch

bestimmtesten, biegsamsten Töne von sich geben, die mittelbar erregten aber immer nur einen solchen Ton, der jenem in allen diesen Eigenschaften nachsteht; daß daher alle musikalischen Instrumente, bei welchen die eigentlich tongebenden Körper auf eine unmittelbare Art in Schwingung versetzt werden, immer die praktisch brauchbarsten, ja fast einzig brauchbaren und vollkommensten sind; und daß auch, von Seiten der Wissenschaft angeschaut, zur Erforschung des Zustandes des Selbsttönens der Körper die Methode, sie unmittelbar in Schwingung zu versetzen, vorzuziehen ist, weil bei dieser die selbsttönenden Schwingungen immer leichter und vollkommener hervorgebracht werden, zur Erforschung der bloßen Mittheilung der Schwingungen hingegen die andere Methode der mittelbaren Erregung das Trefflichste leistet, indem man hier ganz in seiner Gewalt hat, welche Art der primären Schwingungen man in einem Körper mit einem andern schwingenden hervorbringen will.

§. 16.

Fortsetzung.

Und nun zu dem Einflusse der Qualität und Quantität des Körpers selbst übergehend, den dieser, indem er die Schwingungen des selbsttönenden Körpers bewirkt, auf den Ton hat, folgen wir abermals der schon im vorigen Kapitel aufgestellten Reihe solcher selbsttönender Gegenstände.

Saiten werden sowohl unmittelbar als mittelbar entweder durch feste oder durch elastisch flüssige (also Luftstrom) Körper in tongebende Schwingungen versetzt. Bei unmittelbarer Erregungsweise sind dergleichen feste Körper: die Finger durch Reißen (wie bei der Harfe, Guitarre, Laute ꝛc.), ein Plectrum aus Holz oder Fischbein durch Schlagen (wie bei der Zitter, Mandoline), Hämmer durch Anschlagen (For=

tepiano), Klöppel durch Aufschlagen (Hackebrett oder Cimbal), Tangenten von Holz oder Metall statt jener Hämmer (Clavichord), Geigenbogen durch Steichen (bei allen Violininstrumenten) ꝛc.; und bei mittelbarer Erregungsweise am gewöhnlichsten Stäbe, wie Stimmgabeln ꝛc. Elastisch flüssige Körper sind sowohl bei unmittelbarer als bei mittelbarer Erregungsweise immer Luftströme, wie bei der Aeolsharfe ꝛc. Und die Resultate aller unserer bisherigen Untersuchungen ergeben nun, in Uebereinstimmung mit der unausnahmlichen Erfahrung des praktischen Lebens, daß sowohl Qualität als Quantität aller dieser Körper stets im geraden Verhältnisse steht zu der Qualität und Quantität des erzeugten Tones, daß also, bei völlig gleicher Stärke der die Schwingungen bewirkenden Stöße von einem dieser Körper, die Beschaffenheiten dieser immer auch gleiche oder doch ähnliche Beschaffenheiten im Tone erzeugen. Die Clavierinstrumentenmacher und Geigenspieler wissen dies am besten, indem sie erfahren haben, daß z. B. harte und dünne Hämmer immer auch einen harten, scharfen und dünnen Ton, ein zu dünner, straffer und harter Bogenbezug immer auch einen solchen Ton hervorbringt, und dies Alles in dem Maaße, in welchem dort nachgelassen oder zugegeben wird. Je weicher und voller die Masse des stoßenden Körpers, desto weicher, voller, so zu sagen dicker und molliger auch der Ton der Saite. Daher die Wichtigkeit der Aufgabe für Saiteninstrumentenmacher, hier, in Zurichtung des die Saiten zum Schwingen bringenden Körpers, immer das rechte Maaß und Verhältniß zu treffen, und die gleiche Schwierigkeit für Geigenspieler in der Führung und Zurichtung, so wie in dem sogenannten Aufsatze ihres Bogens auf die Saiten.

Luftsäulen werden unmittelbar in tongebende Schwingungen versetzt durch Stöße von entweder atmosphärischer Luft oder von brennbarem Gase, und mittelbar durch entweder

feste oder elastisch flüssige Körper. Nur die unmittelbare Erregungsweise durch athmosphärische Luft ist von besonders praktischem Interesse. Bei den Orgelpfeifen geschieht dieselbe bekanntlich durch eine Windlade, welche den Wind von Blasebälgen empfängt und in die bestimmte Pfeife durch die untere Oeffnung derselben, sobald diese mittelst eines Ventils aufgezogen worden ist, einströmen läßt. Diese Einströmung ist bis jetzt stets gleichmäßig, so daß der Ton der Pfeife immer mit gleicher Stärke hervortritt. Das ist ein Mangel des sonst vollkommensten Instruments unsers gesammten Orchesters, dem man schon auf allerlei Weise abzuhelfen versucht hat, indem man Mittel zu erfinden trachtete, die auch ein beliebiges Ab- und Anschwellen des steifen Orgeltones bewirken sollten. Wäre dazu Nichts weiter nöthig als eine größere oder geringere Masse von Wind, so könnte dem Uebel bald gesteuert werden; allein eben gerade so viel Wind, als die Pfeife erhält, verlangt sie, um den ihr zugewiesenen Ton von sich geben zu können, ein Mehr, eine Verstärkung des Windzuflusses erhöht sofort den Ton, so wie ein Weniger, eine Verminderung dieses Zuflusses denselben sofort erniedrigt. Es kann daher jenem Mangel nur abgeholfen werden, wenn man ein Mittel erfindet, durch dessen Anwendung die Pfeifen auch bei stärkerem und schwächerem Windzuflusse ihren ursprünglichen Ton in gleicher Höhe behalten, denn daß eine Verstärkung oder Schwächung des Tones nur durch Veränderung des Windzuflusses bewirkt werden kann, geht schon daraus hervor, daß eben von der Heftigkeit der Stöße, welche die in der Pfeife enthaltene Luftsäule von dem zuströmenden Winde empfängt, das Maaß der Heftigkeit ihrer Schwingungen und somit auch der Stärke ihres Tones abhängt. Für die Zungenregister hat man bereits ein solches Mittel in der früher bereits erwähnten Weberschen Compensation der Pfeifen, aber für die Labialpfeifen noch keines, wenn nicht die ebenfalls bereits erwähnte

Kaufmannsche Erfindung endlich zu einem solchen führt. Und was nun weiter den Einfluß der zuströmenden und durch ihre Stöße die Luftsäule der Pfeife in tönende Schwingungen versetzenden atmosphärischen Luft auf den Ton der Pfeife selbst betrifft, so ist solcher ein blos quantitativer und auch in dieser Eigenschaft ein blos sehr geringer, weil bei langen Orgelpfeifen die Geschwindigkeit des erregenden Luftstromes fast gar keinen Einfluß auf die Tonhöhe ausübt, außer sie beträgt so viel, daß der Ton sofort in seine höhere Octave oder überhaupt in seinen nächsten Flageoletton überspringt. Schon bei Orgelpfeifen, die blos 12 bis 15 mal länger als dick sind, hält es schwer, den Ton dadurch auch nur um eine halbe Stufe zu erhöhen oder zu vertiefen. Blos bei ganz kurzen Pfeifen und namentlich Röhren von gleicher Länge, Dicke und Breite läßt sich mittelst veränderter Geschwindigkeit des anblasenden Luftstroms der Ton etwa innerhalb einer Quinte anders gestalten. Und was die Richtung des Windzuflusses gegen die Spalte der Orgelpfeife betrifft, so steht die Höhe, überhaupt die ganze Beschaffenheit des Tones dazu in gar keiner Beziehung. — Bei Blasinstrumenten wird die darin befindliche Luftsäule bekanntlich durch diejenige Luft in Schwingung versetzt, welche der Bläser durch seinen Mund in dieselben hineinstößt, und man verlangt von dem Bläser, nicht blos daß er den Grundton seines Instruments oder, wenn dieses Tonlöcher hat, die verschiedenen Grund- und Primtöne, sondern auch die verschiedenen und fast eben so zahlreichen Flageolettöne hervorbringe, also auf der Flöte z. B. mit ein und demselben Griff $\overline{d}$ und $\overline{\overline{\overline{d}}}$, $\overline{g}$ und $\overline{\overline{\overline{g}}}$ 2c., ebenso auf der Hoboe, Clarinette, dem Fagott 2c. Geübte Spieler können das auch und wissen, wie sie es machen; aber woher es kommt, daß dies So Machen eine solche Wirkung hat, das ist bis heute noch niemals bis auf seinen ersten Grund vollständig erklärt worden. Gewöhnlich nimmt man an, daß die

Erscheinung beruhe: einmal auf Verstärkung des Windstoßes, dann auf Verengerung des Anblasloches, drittens auf Erweiterung des Mundloches, und viertens auch auf Verkleinerung des Winkels, unter welchem der Luftstrahl in das Mundloch geblasen wird; und nun Verstärkung des Windes entweder allein oder verbunden mit einer noch andern Modification, nämlich entweder mit größerer Spannung der Lippen oder mit Verengerung des Mundlochs oder mit Verengerung der Oeffnung zwischen den Lippen oder mit Verengerung beider Oeffnungen, und ebenso Verengerung des Mundlochs entweder allein oder verbunden mit noch andern Modificationen, nämlich entweder mit Verengerung der Lippenöffnung (um die Windmasse zu vermindern) oder mit Verstärkung des Windes oder mit diesen beiden Modificationen zugleich oder endlich mit Verschwächung des Windes. Durch Verkleinerung des Winkels, unter welchem der Luftstrahl in das Mundloch geblasen wird, läßt sich genannte Wirkung erklären, weil die Erfahrung lehrt, einmal daß unter einem rechten Winkel, d. h. senkrecht auf das Mundloch (dieses als Basis angenommen), der aus dem Munde dringende Luftstrahl keinen Ton erzeugen kann, daß hiezu vielmehr allemal ein spitzer Winkel zwischen Luftstrahl und Mundloch nöthig ist, und daß demnach die höchsten Töne desto leichter ansprechen, je spitzer der Einfallswinkel des Luftstrahls ist, die Grundtöne aber unter einem eben so spitzen Winkel versagen. Die Hauptsache freilich scheint bei Erzeugung der Beitöne immer in der größeren Geschwindigkeit und Heftigkeit zu liegen, womit der Luftstrahl in das Instrument hineingestoßen wird, so daß er die in diesem enthaltene Luftsäule zu schnelleren Schwingungen anregt, und daneben dann auch in der größeren Feinheit, Dünne und Schärfe des Strahls. So urtheilt wenigstens ein sehr tiefer, sorgfältiger Denker über den Gegenstand, und unsere Blasinstrumentisten sind durch praktische Erfahrung davon überzeugt,

denn wollen Clarinettisten, Hoboisten und Fagottisten höhere Töne hervorbringen, so pressen sie das Rohr mit den Lippen fester zusammen und stoßen den anblasenden Luftstrahl heftiger dagegen, und ebenso schließen die Trompeter und Posaunisten zu gleichem Zwecke die Lippen enger zusammen.

Die Erschütterung von Luftsäulen durch brennbares Gas, oder mittelbar auch durch feste und elastisch flüssige Körper liegt zwar im Bereiche der Möglichkeit, wie dazu angestellte sorgfältige Versuche mehrerer Akustiker hinlänglich bewiesen haben und wie auch von uns hier früher (in beiden vorhergehenden Kapiteln) gelegentlich schon angeführt wurde; doch hat sie — wie gesagt — gar keinen praktischen Werth, da das Tonleben selbst, wie es ist, noch gar keinen Gebrauch davon machte, und wahrscheinlich auch nie machen wird, und wir gehen daher zu der diesseitigen Betrachtung der Stäbe ꝛc. über.

§. 17.

Fortsetzung.

Diese, Stäbe, werden unmittelbar erregt entweder durch feste Körper, als Klöppel (wie bei dem Sistrum, der Strohfiedel, Triangel), Hämmer, zupfende Federn, zupfende Finger, Violinbogen (Eisenvioline), reibende Walzen (Clavicylinder, Terpodion), oder durch elastisch flüssige Körper, nämlich einen Luftstrom, der nun entweder vom Spieler selbst aus seinem Munde dagegen geblasen wird (wie bei der Maultrommel und Mundharmonika) oder durch einen eigenen Blasbalg erzeugt wird (Aeoline oder Aeolodicon, Physharmonika ꝛc.). Der Einfluß, den alle diese Körper auf den Ton hier äußern, ist ziemlich derselbe, wie oben bei den Saiten: härter bewirken sie auch einen härteren, schärferen, spitzigeren oder helleren Ton und umgekehrt, nur tritt diese

Wirkung nicht so bemerkbar hervor als bei den Saiten, weil die größere Masse des schwingenden Körpers hier im Einflusse überwiegt. Ein Beispiel mittelbarer Erregungsart der Stäbe liefert Chladni's Euphon und Kaufmanns Harmonichord, indem dort nicht der Klangstab selbst, sondern zunächst ein diesen senkrecht berührender Stab, und hier nicht die Klangsaite, sondern zunächst ein an derselben befestigter Stab in Schwingung versetzt wird, welche Stäbe dann bewirken, daß der Ton des eigentlichen Klangkörpers eine Farbe annimmt, wie der Ton des vermittelnden Stabs an und für sich haben würde, nur mit dem Unterschiede eines geringen Zuthuns von der Klangfarbe des Tones des eigentlichen Klangkörpers.

Was darnach noch über Membrane hier zu sagen wäre, ist schon bei der speciellen Betrachtung derselben im vorhergehenden Kapitel angeführt worden.

Und eben so verhält es sich auch mit den starren Flächen.

So bleibt denn, um ganz den Einfluß zu begreifen, welchen die die Schwingungen des eigentlichen Klangkörpers bewirkenden andern Körper auf den Ton haben und haben können, zum Schluß nur noch zu bemerken übrig, daß es dabei auch nicht etwa blos auf die Erregungsart der Schwingungen und auf die Beschaffenheit (Qualität und Quantität) des erregenden Körpers, sondern viel auch auf den Ort ankommt, wo der erregende Körper den zu erregenden berührt, indem der letztere je nach Verschiedenheit dieses Orts sich verschieden eintheilen, mithin einen verschiedenen, dieser Eintheilungsart entsprechenden Ton und Klang erzeugen kann. Wir haben früher schon einmal Gelegenheit gehabt, diesen Umstand zu berühren, und führten dabei zum Beweise an, wie es deshalb für die Beschaffenheit des Tones nicht einerlei sey, wo z. B. der Geiger seine Saite anstreiche, ob näher

oder entfernter bei und von dem Stege, und wie weit der Clavierinstrumentenmacher den Anschlagspunkt der Hämmer an die Saiten von dem Anfangspunkte derselben entferne; aber auch bei Membranen, Scheiben und Stäben ist dieser Berührungspunkt nicht gleichviel. Man schlage z. B. eine Pauke in der Mitte des Felles oder dicht am Rande desselben, und jedes gesunde Ohr wird eine wesentliche merkliche Verschiedenheit unter den beiden, doch von ein und derselben Membrane herrührenden Tönen wahrnehmen. Ebenso kommt endlich hier auch noch viel auf die Stärke oder Schwäche, Langsamkeit und Schnelligkeit der Stöße an, welche der erregende Körper dem in Schwingung zu setzenden ertheilt. So werden z. B. bei Scheiben, die man mit einem Violinbogen streicht, wenn bei derselben Art des Haltens und bei demselben Orte des Streichens sowohl einfachere Schwingungsarten, welche tiefere Töne geben, als auch zusammengesetztere, die höher tönen, erregt werden können, erstere besser durch einen langsameren Bogenstrich mit starkem Drucke, und letztere besser durch einen schnelleren Bogenstrich mit leichterem Drucke hervorgebracht werden können. Und bei Buschmanns Terpodion oder Kaufmanns Harmonichord müssen bei tieferen Tönen die Stäbe fester gegen die Walze, also die Tasten tiefer niedergedrückt werden als bei den höheren Tönen.

§. 18.

Einfluß des Körpers, an oder in welchem der tönende Körper schwingt, auf die graduelle Quantität des Klanges oder Schalles.

Kommen wir nun zum zweiten Theile unserer diesseitigen Betrachtung und fragen endlich auch noch nach dem Einflusse, welchen derjenige Körper auf einen erzeugten Ton hat, an oder in welchem der eigentlich tönende Körper seine zu

diesem Tönen nöthigen Schwingungen vollbringt? — Ein solcher Körper kann ein fester oder ein flüssiger seyn, aber merkwürdig genug ist im ersten Falle dann umgekehrt der eigentlich tönende Körper wenigstens meistens ein flüssiger, also eine Luftsäule. So haben wir es denn, wenn wir zunächst untersuchen, welchen Einfluß ein den tönenden Körper umgebender fester Körper auf den Ton jenes haben kann, hauptsächlich mit den Wänden zu thun, die bei Orgelpfeifen oder sonstigen Blasinstrumenten die schwingende Luftsäule umschließen, und wie bei Erforschung des Einflusses dieser Wände auf die Qualität des Tones im vorhergehenden und zu Anfang des gegenwärtigen Kapitels sind auch der Erscheinungen, denen wir hier erfahrungsgemäß begegnen, gar mannigfache und höchst interessante. Wenn man z. B. an einer zwei Fuß langen und zwei Zoll dicken Pfeife das Labium nicht aus einer starren Substanz, sondern aus einem elastischen Pergamentblättchen macht, so daß man es nach Belieben spannen kann, so kann man durch größere Spannung dieses Blättchens und größere Geschwindigkeit des Luftstroms den Ton bis zu einer Quinte ändern. Bei einer Röhre von gleicher Länge, Breite und Dicke kann der Ton bis zu einer Octave tiefer werden, wenn man die ganze Wand, welche das Labium bildet, aus einer membranösen Materie macht. Sind alle Wände einer kurzen Röhre so beschaffen, daß sie mit der Luft zusammen schwingen können, so kann durch ihre größere oder geringere Spannung sogar jeder beliebige Ton hervorgebracht werden. Spannt man Pergamentblätter auf einen quadratischen Rahmen auf und bildet daraus eine würfelförmige Pfeife, so ist der Ton derselben, wenn die Wände sehr gespannt sind, fast so hoch, als wenn die Wände von einer harten Substanz wären, und er wird tiefer, wenn die Spannung nachläßt, aber auch schwächer. Auch offene Orgelpfeifen können sehr verschiedene Töne geben, wenn ihre Wände

ganz oder doch zum Theil membranös sind. Eine prismatische Pfeife, neun Zoll lang, achtzehn Linien breit und dick, die $\bar{\bar{a}}$ geben sollte, kann, wenn die am Mundstück gelegene Hälfte membranöse Wände hat, alle Töne zwischen $\bar{c}$ und $\bar{\bar{c}}$ und selbst noch tiefere hervorbringen.

Uebrigens haben außer diesen die Luftsäule unmittelbar berührenden Wänden auch die benachbarten Pfeifen Einfluß auf die Tonhöhe derselben. Man sondere in einer gutgestimmten Orgel einige Pfeifen ab, indem man die benachbarten wegnimmt, und ihr Ton wird und muß sich ändern, auch werden sie keine Stimmung mehr halten. Und endlich ist auch nicht einerlei, aus welcher Substanz die Wand einer Pfeife oder eines Blasinstruments überhaupt verfertigt und wie stark dieselben gebaut sind. Hölzerne Pfeifen geben einen ganz andern Ton als metallene, und auch unter diesen ist ein Unterschied, da z. B. das festere Eisenblech anders wirkt als Zinnplatten ꝛc. Starke Wände bewirken einen andern Ton als dünne. Nur ist dieser Einfluß mehr ein qualitativer und kam daher, wie vorhin bemerkt, auch schon früher zur Betrachtung.

§. 19.

Fortsetzung.

Ist der den tönenden Körper umgebende Körper ein flüssiger, so kann diese seine Flüssigkeit sowohl eine *elastische* (Luft) als eine *tropfbare* (Wasser ꝛc.) seyn. Im ersteren Falle kommt vor allen Dingen die *Temperatur* der Luft in Betrachtung, in welcher der tönende Körper schwingt, da der Einfluß, welcher von daher auf die Tonerscheinung ausgeübt wird, wohl der bedeutendste und auch praktisch bemerkenswertheste seyn dürfte. Bleiben wir zum Beweise dessen vorerst nur bei den Saiten stehen. Bekanntlich dehnt Wärme

alle feste Körper aus, während Kälte sie zusammenzieht: so muß denn letztere bei Saiten auch eine größere Spannung bewirken, und es werden sich alle Saiteninstrumente, einem Temperaturwechsel ausgesetzt, nothwendig verstimmen müssen und dies um so mehr, je mehr der Stoff der Saiten empfänglich für die Eindrücke der äußeren Luft ist, wie der animalische Stoff der Saiten der Geigen- und Lauteninstrumente. Ein Geigenspieler sollte deshalb sein Instrument niemals eher anrühren, als bis dasselbe einige Zeit der Luft ausgesetzt gewesen ist, in welcher er zu spielen hat, und bis er es dann erst noch einmal gestimmt hat. Ein Clavier, das längere Zeit in einem kalten oder warmen Zimmer gestanden ist, wird und muß sich sofort verstimmen, wenn man das Zimmer nun auf einmal heizt oder das Instrument in ein kaltes Zimmer bringt. Dieselbe Erscheinung trifft bei Stäben zu. Setzen wir z. B. eine Stimmgabel, die wir längere oder kürzere Zeit mit uns in der warmen Tasche herumtrugen, in Vibration und stimmen genau den entsprechenden Ton irgend eines Instruments darnach, fahren dann fort in der Stimmung der übrigen Töne des Instruments und wollen am Schlusse der Arbeit noch einmal eine Prüfung zwischen dieser und der Gabel anstellen, so werden wir letztere, die mittlerweile kalt geworden ist, um ein Bedeutendes höher stimmend als das Instrument finden. Clavierstimmer mögen sich daraus selbst die nothwendige Regel für ihr Verhalten ziehen, so wie alle Musiker, welche ihr Instrument nach einem gegebenen Tone einzustimmen haben. Noch empfindlicher gegen Wärme, Kälte und Feuchtigkeit der äußeren Temperatur sind die Membrane, was sich insbesondere die Trommel- und Paukenschläger in unsern Orchestern zu merken haben. Man kann sich am besten davon überzeugen, wenn man etwas Sand auf ein Pauken- oder Trommelfell streut und dann leicht mit dem Klöppel darauf schlägt: die Figuren, welche darnach der Sand bildet,

sind die Klangfiguren, welche wir im vorhergehenden Kapitel bereits ausführlich kennen lernten, oder die Versichtbarungen der Schwingungen, welche das Fell bei Angabe dieses seines Tones macht, und bringt man nun auch nur die ausgebreitete warme Hand in die Nähe des Felles, schlägt dann nach einiger Weile wieder und zwar in gleicher Weise auf dasselbe, so wird man schon eine Veränderung in jenen Figuren bemerken, eine Veränderung aber, die unwiderlegbar auch eine Aenderung in der Schwingungsweise des Felles beweist und diese muß — wie wir gelernt haben — jedesmal auch eine und wenn noch so geringe Aenderung im Tone zur Folge haben.

Bei allen bis daher genannten Klangkörpern bewirkte Wärme eine Vertiefung, Kälte eine Erhöhung des Tones: merkwürdig genug ist bei Luftsäulen die Wirkung beider gerade eine umgekehrte, indem der Ton einer schwingenden Luftsäule durch größere Wärme der Temperatur erhöht, durch Kälte aber erniedrigt wird, und dies zwar in dem Maaße, daß eine Labialpfeife, welche bei 22° C. einen Ton von 500 Schwingungen in der Secunde von sich gab, bei einer Temperatur von blos 4° C. aber nur einen Ton von 484,8 Schwingungen hervorbrachte. Daher bedürfen alle Instrumente, in welchen Luftsäulen schwingen, wenn ihre Tonhöhe gegen diese Einflüsse geschützt seyn soll, der Compensation (deren Wesenheit schon früher erklärt wurde); da eine solche in den Orgeln bis jetzt aber nur für die Zungenpfeifen eingeführt werden konnte, so wissen unsere Organisten recht gut, welchen enormen Verstimmungen ihr sonst so majestätisches Instrument ausgesetzt ist, wenn die Temperatur der Luft, wie namentlich im Herbst und Frühjahr, sich sehr merklich ändert: beim Eintreten von großer Kälte stimmen ihre Flötenregister immer zu tief zu den Zungenwerken, und bei Eintreten von größerer Wärme wieder zu tief, wenn nicht zeitig

genug in den entsprechenden Jahreszeiten eine Ausgleichung durch neue Umstimmung bewirkt wird, welche indeß vor den Einwirkungen einer momentanen und urplötzlich eintretenden größeren Temperaturveränderung auch nicht schützt. Und daher pflegen unsere Blasinstrumentisten auch vorher, ehe sie ihr Instrument gebrauchen, immer erst in dasselbe mehreremal hineinzuhauchen und es zwischen ihren Händen hin und her zu streichen, um die darin enthaltene Luftsäule mit der Temperatur ihres Athems in Uebereinstimmung zu bringen, weil sonst der Ton nicht allein immer zu hoch steht, sondern überhaupt auch derselbe nicht gut anspricht.

§. 20.
Fortsetzung.

Ist der den schwingenden Körper umgebende Körper ein tropfbar flüssiger, so haben alle genaueren Untersuchungen ergeben, daß die Töne longitudinal schwingender Körper, die aus Luft in Wasser getaucht oder aus trockener Luft in eine feuchte gebracht werden, unverändert bleiben, die Töne transversal schwingender Körper aber dabei sich sehr merklich vertiefen; und da nun — wie wir gelernt haben — blos die transversalen Schwingungen zu wirklich musikalischen Zwecken verwendet werden und verwendet werden können, so ergiebt sich abermals, daß Instrumente, aus trockener Luft in eine feuchte gebracht, sich sofort bedeutend verstimmen und überhaupt erst mit dieser Luft sehr vertraut gemacht werden müssen, ehe sie in eine brauchbare Stimmung gebracht und so überhaupt benutzt werden können. Auch ist alsdann der Ton immer noch dumpf, matt und rauh, ja bisweilen spricht er fast gar nicht an. Daher sollte man bei naßkalter Witterung die Locale, in denen Musikaufführungen statthaben, immer fest und zeitig genug verschließen, namentlich des Nachts ihre

Fenster 2c. nicht offen lassen, weil sich sonst nie eine reine Harmonie der Instrumente erzielen läßt; und wenn bei Saiteninstrumenten die Kälte zudem den Ton erhöht, bei Blasinstrumenten aber vertieft, so kann man begreifen, bis zu welch' hohem Grade sich die Disharmonie zu steigern im Stande ist, wenn nun sogar bei naßkalter Witterung die Instrumente vor ihrem Gebrauche nicht lange genug der Atmosphäre des Locals ausgesetzt wurden, oder wenn überhaupt die Leiter der Musikaufführungen nicht genug Rücksicht auf diese Umstände bei ihren Anordnungen nehmen. Selbst Prediger und andere öffentliche Redner, auch Sänger, haben in der Beziehung schon oft die unangenehmsten Erfahrungen gemacht, treten sie aus ihren warmen, oft nur zu warmen Zimmern hinaus in den kalten feuchten Saal und fangen an zu reden oder zu singen: der Ton ist immer zu tief, klingt matt, und will — wie man sich ausdrückt — gar nicht heraus aus der Brust, fordert weit mehr Anstrengung, ohne deshalb auch nur halb so viel als sonst, unter andern besser beurtheilten Umständen, zu leisten.

Woher das Alles kommt? — die Schwingungen des klingenden Körpers werden durch den Widerstand des Wassers oder der feuchten Luft, als einer verdichteten Flüssigkeit, verzögert, eben so wie ein Pendel, der in der Luft schneller schwingt als in Wasser, und dies um so mehr, je dichter und dicker die Flüssigkeit ist. Daher kommt es, daß z. B. Sänger unmittelbar vor ihrem Anftreten nicht trinken dürfen, wenn sie nicht sich selbst, der Wirkung ihres Vortrags schaden wollen, und, wenn sie trinken müssen, doch vor allen andern dichtern Flüssigkeiten nur Wasser zu sich nehmen dürfen. Bier, Wein, Milch 2c. — alle andern Getränke schaden dem Tone an Reinheit und Helle. Und daher sollten auch die Instrumentisten nie in einem von feuchten Mauerwerken umgebenen Locale auftreten, oder nie in einem Locale des Win-

ters, das erst kurz vorher geheizt worden ist, weil alsdann stets auch die Luft in dem Locale von einer Feuchtigkeit angefüllt ist, die nachtheilig auf den Ton wirkt. Wer hat nicht schon z. B. von Geigenvirtuosen urtheilen gehört, daß sie bei ihrem dermaligen Auftreten gar keinen ordentlichen Ton aus dem Instrumente herauszubringen gewußt hätten? — Die Schuld lag nicht am Spiel und nicht am Instrumente, sondern an dem Widerspruche der kalten feuchten Atmosphäre des Locals mit der trockenen wärmeren Luft in dem Instrumente, die eigentlich den Tonklang giebt, indem die Schwingungen dieser Luft von der äußeren dichteren Luft nicht mit Leichtigkeit aufgenommen, vielmehr noch zurückgedrängt wurden.

§. 21.

Die Zeitdauer eines Tones.

So kennen wir denn, in Folge aller bis daher angestellter Betrachtungen, nicht allein die gesammte physische Natur eines Tones oder Klanges, seine eigene eigentliche Wesenheit für sich und die Art, alle Ursachen seiner Erzeugung, sondern bereits auch alle sonstigen Zu- und Umstände, welche auf seine Erscheinung irgendwie einen und welchen Einfluß haben; wissen, woher es rührt, nicht blos daß ein Ton und gerade dieser Ton zur Wahrnehmung kommt, sondern auch welcher Veränderung in seiner physischen Beschaffenheit eben derselbe Ton ausgesetzt seyn muß, wenn er selbst oder sein erzeugender Körper in andere und welche andere Verhältnisse, Umgebungen 2c. gebracht wird, und es bleibt somit zum Schlusse der ganzen Lehre von der physischen Wesenheit eines Klanges nur noch zu untersuchen übrig die Zeit, welche ein Klang hindurch dauert, und woher es kommt, daß er gerade nur diese Zeit und nicht eine längere

oder kürzere hindurch dauert. Ein Ton nämlich ist nicht blos eine Erscheinung im Raume, als welchen wir ihn bisher lediglich betrachteten, sondern auch eine Erscheinung in der Zeit, indem er zu dieser seiner Erscheinung immer auch ein gewisses Maaß der Zeit bedarf. Oder wie die Musiker sagen: der Ton bewegt sich nicht blos im Raume, unterscheidet und charakterisirt sich also nicht blos nach Höhe und Tiefe, sondern auch nach Länge und Kürze seiner Dauer, bewegt sich also auch in der Zeit.

Es ist bald gefunden, worauf diese seine Dauer beruht. Ist nämlich jeder Ton oder Klang an und für sich Nichts als die Wirkung einer gewissen Anzahl von Schwingungen eines Körpers innerhalb einer gewissen Zeit, so kann auch seine Zeitdauer nur abhängen von der Dauer dieser Schwingungen in ihrer bisherigen, zur Erzeugung jenes Tones nöthigen Schnelligkeit, Heftigkeit und Regelmäßigkeit, und diese Dauer wieder beruht auf nichts Anderem, als einzig und allein einmal auf der Beschaffenheit des tönenden Körpers selbst, dann auf der Beschaffenheit desjenigen Körpers, der die Schwingungen jenes erregt, drittens auf der Beschaffenheit dessen, an oder in welchem der erstgenannte eigentlich tönende Körper schwingt, und endlich viertens auf der Bewegung des die Schwingungen erregenden Körpers, fällt also abermals mit allen denjenigen Wirkungen zusammen, welche wir schon durch Betrachtung der eigentlich physischen Ursache eines Tones in ihrem Zusammentreffen mit den mancherlei möglichen darauf influirenden Umständen kennen lernten. So fanden wir dort z. B., daß je fester ein elastischer Körper ist, je mehr Molecule seine Masse hat, desto dauernder auch seine tönenden Schwingungen seyn müssen, weil diese immer nur Molecularschwingungen seyn können. Nun nehme man zum Beweise z. B. eine Metall- und gleichdicke und gleichlange Darmsaite, setze beide in freie Schwingungen, und

jedenfalls wird erstere um ein Bedeutendes länger tönen, weil sie um so viel länger dieselben Schwingungen macht. Eine gute Stimmgabel wieder, aus gleichem Grunde, sieben bis achtmal länger als die Saite, welche denselben Ton giebt. Freilich kommt nun auch wieder viel darauf an, wo der tönende Körper schwingt, in welchem Medium: bei trockener kalter Luft wird und muß ein und dieselbe Saite aus oben angegebenen Gründen ungleich länger schwingen, also auch tönen, als in einer feuchten und warmen. Auch kommt dabei viel wieder darauf an, in welcher Weise der schallende Körper in Bewegung gesetzt wird, ob mehr oder weniger heftig, ob andauernd oder kürzer. Schlage ich z. B. auf dem Fortepiano eine Taste heftiger nieder, so werden auch die Schwingungen der betreffenden Saite stärker, weiter, heftiger, andauernder und mit ihnen dies Alles auch der Ton seyn, wenn die Saite nicht durch andere Mittel wieder in ihren Schwingungen gehemmt wird; und je länger ich den Bogen über eine Violinsaite ziehe, desto andauernder der Ton. Allein alles das, alle diese Ursachen und Wirkungen haben wir ja auch schon früher, bei Betrachtung der ausschließlich physischen Natur eines Klanges und seiner Schwingungen kennen gelernt und erfahren, und können wir daher in der That unsere diesseitige endliche Untersuchung auch der Ursachen der Zeitdauer eines Tones kurzweg mit der bereits oben gegebenen Erklärung schließen, daß diese Zeitdauer abhängt lediglich von der Dauer der den Ton erzeugenden Schwingungen, und daß die Zeitdauer dieser bedingt wird lediglich von den mancherlei Zu- und Umständen, in und unter welchen sie der Art geschehen, daß von daher ein Einfluß auf sie und somit auch auf ihren Ton geübt werden kann.

Zweiter praktischer Theil

oder

Anwendung der Grundlehren

der

Akustik

auf das gesammte praktische Tonleben.

Erstes Kapitel.

Das Tonsystem unsrer Musik
oder
akustische Begründung unsrer Tonlehre.

§. 1.

Der Ton für sich als Stoff musikalischer Gestaltungen.

In dem voranstehenden ersten Theile bemühten wir uns, die eigentlichen Grundlehren der Akustik zu entwickeln, d. h. wir fragten überhaupt erst nach der allgemeinen physischen Ursache hörbarer Wahrnehmungen, und als wir dieselbe gefunden hatten, betrachteten wir auch letztere selbst in ihren mannigfach möglichen Arten, untersuchten die Gegenstände, an welchen sie gemacht werden, forschten dann auch nach den Bedingungen, unter welchen diese Gegenstände Schälle, Klänge und Töne von sich zu geben vermögen, so wie nach der Art und Weise, auf welche sie dieses thun, und kamen endlich damit sogar auf ein ganzes System von Gesetzen physischer Verhältnisse, die nicht allein erfüllt werden müssen, sollen überhaupt Töne und Klänge zur Wahrnehmung kommen, sondern die auch auf vollkommen natürliche Weise erklären, warum unter den obwaltenden Umständen nur diese, die eben gehörten, und keine andern Klänge erzeugt werden konnten. Lag es nun dabei auch in der Natur der Sache, so wie in

dem eigentlichen Zwecke unsrer Aufgabe, die einzelnen einschlagenden Betrachtungen stets nur an der Hand unsers eigentlichen Tonlebens, immer nur inmitten unsrer praktischen Musik selbst anzustellen, ja sogar die Beweise für etwa schlechtweg aufgestellte Behauptungen oder auf dem Wege wissenschaftlicher Speculation gefundene Lehrsätze nur eben daher, aus diesem wirklichen Leben, zu leihen, so blieben wir einer eigentlichen Anwendung der gefundenen Lehre auf letzteres in dem Sinne, daß dieses selbst wieder und zwar zu eigener weiterer Entwickelung in seinem ganzen Umfange dadurch begründet würde, doch noch fern, hielten uns vielmehr vorzugsweise nur an die verschiedenen Körper selbst, die zur Tonerzeugung angewendet werden, weil es uns ja bis dahin zunächst nur darum zu thun war, die Ursachen der gesammten Klangwelt zu verdeutlichen. Aber geht unsere Aufgabe noch weiter, ist es uns wirklich darum zu thun, die ganze Naturgeschichte dieser Welt wenn auch nicht eigentlich erkenntnißvoll zu durchdringen, so doch wenigstens überschaulich zu begreifen, so müssen wir nun auch, was wir als Ursache erkannten, wieder zusammenstellen mit seinen Wirkungen, und daraus ferner die Gesetze zu folgern suchen, nach welchen sich jene Welt entweder bis zu ihrem jetzigen Daseyn schon ordnete oder nothwendig ordnen mußte, wollte sie zugleich ein Recht auf dieses Daseyn, das Prinzip absoluter Wahrheit in sich begründen, oder nach welchen sie sich ferner noch zu organisiren hat, will und soll sie sich ergänzen, wo und wie ihr etwa ein solches Recht und ein solch' Prinzip noch abgeht. Und das Erste, was uns behuf einer solchen Anwendung des gefundenen theoretischen Lehrsatzes auf das praktische Leben als Vorwurf entgegentritt, ist der T o n überhaupt, wie ihn die Musik als Stoff künstlerischer Darstellung benutzt, also der T o n im g a n z e n U m f a n g e s e i n e r q u a n t i t a t i v e n V e r h ä l t n i s s e, wie er zu angegebenem Zwecke erscheint im Leben b a l d stär-

ker, bald schwächer, und bald höher, bald tiefer. Wir sagen „der Ton in seinen quantitativen Verhältnissen," denn nur von Seiten seiner Quantität kann derselbe jetzt noch einen Gegenstand unserer Untersuchung, überhaupt einen Gegenstand der praktischen Akustik abgeben, da, was seine Qualität anbelangt, er, so bald wir in der allgemeinen Lehre vom Klange die physischen Ursachen davon erkannt haben, sofort in ein anderes psychisches Reich hinübertritt, das nicht mehr die Akustik, sondern die Aesthetik oder vielmehr die Philosophie der Kunst zu erforschen hat.

§. 2.

Fortsetzung.

Die Stärke (oder Schwäche) eines Tones ist entweder eine absolute oder eine relative. Unter absoluter Stärke versteht man die Stärke eines einzelnen Tones für sich, wo er nicht in Verbindung mit noch andern Tönen erscheint, also auch nur in Beziehung auf seiner selbst beurtheilt wird. Ein Maaß für diese absolute Stärke ist noch nicht erfunden worden, und man kann daher, wenn ein einzelner Ton angegeben wird, nicht mit mathematischer Bestimmtheit sagen, wie stark er klingt, sondern es dienen dafür nur die allgemeinen Ausdrücke unserer Sprache sehr, wenig ꝛc. Für viele andere Kräfte der Natur hat man Stärkemesser, selbst für Feuer und Licht, aber noch keinen für den Klang. Einige Akustiker haben schon verschiedentliche Mittel dazu vorgeschlagen, aber sie auch allgemein in's Leben einzuführen, gelang ihnen noch nicht, vielleicht weil die Mittel selbst keine solche Einführung zuließen. Höhe und Dauer eines Tones dagegen läßt sich ganz genau bemessen und bestimmen und zwar durch verschiedene Mittel. Wenn also von der näheren Bestimmung der Stärke eines Tones die Rede ist, so kann darunter nur die

relative Stärke gemeint seyn, indem wir hierunter das Verhältniß der Stärke eines Tones im Vergleich zu der eines oder mehrerer anderer mit ihm verbundener Töne verstehen, und da ist der eine Ton bald mehr bald weniger stärker oder schwächer als der andere.

Das führt zu der Lehre von der Betonung oder Accentuation in der Musik. So wie nämlich in der Rede nicht alle Sylben und Wörter mit gleicher Stärke, sondern gewisse Sylben und Wörter stärker, andere schwächer vorgetragen werden, so auch in der Musik die verschiedenen Töne mit verschiedener Stärke, und das sind die sogenannten Accente, die immer ihren natürlichen, doch an und für sich auch einen verschiedenen Grund haben, in Folge dessen sie in drei verschiedene Classen eingetheilt werden, in grammatische (auch rhythmische oder taktische), in rhetorische und in pathetische Accente. Die erste Gattung von Accenten wird durch den Rhythmus, oder die äußere und innere Bewegung der Töne bestimmt, wornach jede Reihe von Tönen sich in gewisse, bestimmt abgemessene Zeitgrößen theilt, die sich eben durch die Wiederkehr des Accents bemerklich von einander machen, und wornach man nicht allein jede größere Tonreihe in gewisse, ihrem Zeitinhalt nach gleich große Takte, sondern jeden einzelnen Takt auch wieder in gewisse einzelne Zeitaccente theilt, die sich durch die verschiedene Schwere des auf sie fallenden Accents von einander unterscheiden (gute — schlechte Taktzeit ꝛc.). Und die rhetorischen und pathetischen Accente, wornach außerhalb jenes taktischen Accents auch weiter noch bald diese, bald jene einzelne oder zusammenhängende Reihe von Tönen schwächer oder stärker vorgetragen, und wornach eben die verschiedenen mannigfaltigen Vortragszeichen, als **forte** und **piano**, **crescendo** und **decrescendo** ꝛc. sich näher bestimmen, haben ihren Grund in dem Ausdrucke, der durch die Musik beabsichtigt wird, in der Beschaffenheit des

Gegenstandes (Idee oder Gefühl), der durch die Musik zum Ausdrucke kommen soll. Man sieht daher, daß nur die absolute Stärke eines Tones Gegenstand akustischer Untersuchungen seyn kann, die relative dagegen außerhalb ihrem Gebiete liegt, und es ist daher um so mehr zu bedauern, noch kein Mittel zu haben, das eine solche nähere Untersuchung möglich macht.

§. 9.

Fortsetzung.

Glücklicher sind wir in der Beziehung wieder hinsichtlich der Höhe oder Tiefe eines Tones, denn diese lassen sich — wie gesagt — ganz genau angeben und bemessen, obschon auch hier nur von einer relativen Höhe oder Tiefe die Rede seyn kann, denn ein Ton für sich ist weder absolut hoch noch absolut tief, sondern nur im Vergleich mit einem oder mehreren andern Tönen läßt sich sagen, daß ein Ton höher oder tiefer, zu hoch oder zu tief, gleich hoch oder gleich tief sey. Die Höhe eines Tones nämlich beruht auf der Anzahl von Schwingungen, welche der ihn erzeugende Körper innerhalb einer gewissen Zeit macht, und es läßt sich somit der Grad der Tonhöhe überhaupt auf folgende dreierlei Weise ganz genau bestimmen, da — wie wir wissen — man Mittel genug hat, jene Schwingungen auf's Genaueste zu beobachten und zu zählen (Sirene ꝛc.): entweder setzt man eine bestimmte Zeit fest und ermittelt nun, wie viele Schwingungen der klingende Körper in dieser Zeit vollbringt; oder setzt man umgekehrt eine gewisse Anzahl von Schwingungen fest und beobachtet, wie viele Zeit der klingende Körper braucht, so viele Schwingungen zu machen; oder endlich bestimmt man eine gewisse Anzahl von Schwingungen, die in einer gewissen Zeit vollbracht werden sollen (auch umgekehrt

eine gewisse Zeit, binnen welcher eine gewisse Anzahl von Schwingungen geschehen soll), und fragt nun, wie groß ein gewisser Körper seyn muß, um so viele Schwingungen in so viel Zeit vollbringen zu können? Letztere Art der Höhenbemessung kann indeß — gleich hier bemerkt — nur bei Saiten mit Genauigkeit angewendet werden, da sich bei allen andern Körpern verschiedener Dimension die Rechnung zu verwickelt gestaltet.

§. 4.

Fortsetzung.

Bei der ersten Art, den Höhengrad eines Tones genau (mathematisch) zu bestimmen, fragt es sich also, wie viele Schwingungen macht ein Ton oder vielmehr der Körper, der diesen Ton von sich giebt, innerhalb einer gewissen Zeit? — Welcher Zeittheil wird sich am schicklichsten zu dieser Bestimmung eignen? — Ohne Zweifel die Secunde, weil wir früher gelernt haben, daß ein schwingender Körper erst dann einen wahrnehmbaren Ton erzeugt, wenn seine Schwingungen so schnell auf einander folgen, daß ihre Zahl innerhalb einer Secunde mindestens 30 bis 32 beträgt. Der Ton also, der bei 30 Schwingungen innerhalb einer Secunde entsteht, ist der tiefste in unserem gesammten möglichen Tonsysteme, von da an sind alle sonstigen Töne zu messen, indem mit jeder Vermehrung der Schwingungszahl auch die Tonhöhe steigt, und es fragt sich also — die Worte bestimmter gefaßt — wie viele Schwingungen macht ein Körper innerhalb einer Secunde, der irgend einen andern höhern Ton als jenen tiefsten aus unserm Tonsysteme angiebt? — oder: wie verhält sich die Zahl der Schwingungen, die ein Körper bei einem gewissen Tone unseres Tonsystems innerhalb einer Secunde vollbringt, zu der Anzahl von Schwingungen, welche ein an-

derer oder derselbe Körper bei einem andern Tone unsers Tonsystems innerhalb derselben Zeit macht? — Stellen wir die Frage in erster Weise, so giebt die Antwort die absolute, bei der zweiten Frage die relative Zahl der Schwingungen eines Tones innerhalb einer Secunde an; aber es leuchtet ein, daß keine von beiden Antworten gegeben werden kann, ohne nicht wirklich vorher die Zahl der Schwingungen der fraglichen Töne erforscht zu haben, denn kommt es bei der zweiten Frage auch nur darauf an, das Verhältniß anzugeben, in welchem die Schwingungszahlen zweier oder mehrerer zu dem Ende mit einander verglichener Töne zu einander stehen, so kann ein solches Verhältniß doch auch nicht eher angegeben werden, als bis man die Schwingungszahl der zu dem Ende mit einander verglichenen Töne kennt. Nothwendig also haben wir uns vor specieller Beantwortung der beiden Fragen auch noch mit den verschiedenen Methoden bekannt zu machen, welche man bisher angewandt hat, die Zahl der Schwingungen, die ein Körper bei einem gewissen Tone innerhalb einer Secunde macht, zu erforschen.

§. 5.
Fortsetzung.

Früherhin schon lernten wir als ein sehr taugliches, ja vollkommen untrügliches Mittel dazu die Sirene kennen; es giebt aber auch noch andere Mittel, die nicht viel weniger sicher zum Ziele führen, und im Ganzen so vielerlei, daß sich drei verschiedene Methoden, die Schwingungen eines klingenden Körpers zu zählen oder zu messen, namhaft machen lassen.

Bei der ersten Methode werden klingende Körper angewandt, und zwar entweder einer oder zwei zugleich. Jener Eine Körper kann eine metallene Saite oder ein metal-

lener Stab seyn. Man nimmt nämlich eine gleichförmig dicke Metallsaite und spannt sie auf ein verticales Monochord, an welchem man die Saitenlänge zwischen den zwei Stegen mittelst eines Nonius bis auf 0,001 Zoll messen kann, bringt ihren Ton mit dem einer reinen Stimmgabel in Einklang und berechnet dann die Anzahl ihrer Schwingungen, was freilich häufig erst nach vielen Versuchen möglich wird und immer mit vielen Schwierigkeiten verbunden ist. Oder nimmt man einen metallenen Stab von gleichmäßiger Dicke, der gegen 40 Zoll lang, $^1/_2$ Zoll breit und $^1/_{10}$ Zoll dick ist, klemmt ihn an seinem einen Ende in einem Schraubenstock fest und versetzt ihn in seine einfachste transversale Schwingungsart; dann zählt man seine Schwingungen, weil diese wegen seiner Länge langsam genug geschehen, und hört man auch noch keinen Ton, so kommt doch dieser, so bald man den Stab verkürzt, und da man nun aus Erfahrung weiß, daß die Anzahl der Schwingungen eines überall gleichdicken Stabes innerhalb einer Secunde sich verhält umgekehrt wie die Quadratzahlen der Länge des Stabes, so weiß man nun auch wenigstens ziemlich genau, wie viel Schwingungen innerhalb einer Secunde zu dem Tone, den der Stab eben von sich giebt, nöthig sind, selbst wenn dieselben jetzt nicht mehr mit dem Auge wahrgenommen werden könnten. Jene Zwei Körper sind gewöhnlich zwei Stimmgabeln oder zwei Orgelpfeifen und zwar solche, die etwas von einander verschiedene Töne geben, bei deren gemeinschaftlichen Schwingungen folglich sogenannte Schwebungen oder Stöße entstehen. So wie man nämlich, wenn die nicht ganz genau übereinstimmenden Pendel zweier Uhren neben einander schwingen, bald Momente beobachtet, wo die Pendelschläge beider Uhren zwischen einander fallen, und bald Momente, wo sie genau zusammenfallen und so dann auch einen stärkern Eindruck auf das Ohr verursachen, ebenso machen auch die Töne zweier neben einander

schwingender Körper, bei denen nur ein geringer Unterschied in der Höhe, also auch in der Schnelligkeit ihrer Schwingungen stattfindet, von Zeit zu Zeit auf das Ohr einen stärkern, accent- oder stoßartigen Eindruck, der von nichts Anderem als von dem Zusammenfallen der Maxima ihrer Schwingungen herrührt, und den wir daher auch Schwebung oder Stoß nennen, — einen Stoß, der nun für das Ohr dasselbe leistet, was bei Längen- und Winkelmessungen für das Auge der bekannte Vernier. So wie nämlich durch dieses mathematische Instrument ein und dieselbe Linie zweimal in gleiche Theile getheilt wird, um bei der zweiten Theilung immer eine Unterabtheilung mehr als bei der ersten zu lassen, so wird auch durch jene Schwebungen ein und derselbe Zeitraum auf die Weise in gleiche Theile getheilt, daß die eine Theilung immer eine Unterabtheilung mehr als die andere erhält; und wie man nun beim Vernier das Zusammenfallen zweier Striche beobachtet, so beobachtet man auch in den Schwebungen oder Stößen das Zusammenfallen zweier Schwingungen, um endlich die absoluten Schwingungszahlen derjenigen zwei Töne genau zu finden, in deren Schwingungen jene Schwebungen oder Stöße entstehen.

Bei der zweiten Methode werden keine klingende, sondern solche Körper angewandt, die blos Stöße verursachen, ohne selbst zu klingen, und dergleichen Instrumente oder Apparate sind die schon am Schlusse des zweiten Kapitels im ersten Theile dieses Buchs hinlänglich beschriebenen Sirenen und gezähnten Räder, und jedenfalls dürften diese Mittel die ebensowohl am kürzesten als am sichersten zum Ziele führenden seyn, denn um die absolute Schwingungszahl eines so hervorgebrachten Tones zu finden, bedarf es nur der Multiplication der Löcher der Sirene oder der Zähne des Rades mit der Zahl der Umdrehungen der Scheibe (der Sirene) oder des Rades innerhalb einer Secunde.

Bei der dritten Methode endlich dient ein klingender und ein nicht klingender Körper zugleich, nämlich jenes von einem gewissen Plateau vor ungefähr zehn Jahren erfundene Instrument, womit man (mittelst einer scheinbaren Umwandlung der sehr raschen Bewegung in eine beliebig langsame) sowohl die Gestalt eines belebten Körpers, der eine zu rasche Bewegung besitzt, als daß ein bleibender Eindruck davon auf das Auge hervorgebracht werden könnte, bestimmen, als nun auch alle Eigenthümlichkeiten seiner Bewegung erkennen, und somit endlich dann auch die wirkliche Geschwindigkeit des Gegenstandes ermitteln kann. Das scheint wunderbar, aber das Instrument existirt, nur würde es uns zu weit führen, wollten wir hier eine ausführliche Beschreibung davon geben. Wer sich dafür interessirt, findet solche sowohl in Webers Akustik, als in Bindseil's gleichnamigem Werke wenigstens andeutungsweise.

§. 6.

Fortsetzung.

Und darnach (nach diesen kurzen Bemerkungen über die verschiedenen gebräuchlichen Mittel zur Auffindung der absoluten Schwingungszahl eines Tones) nun auch zu der Bestimmung des Höhengrades der verschiedenen Töne unsers Tonsystems selbst nach Maaßgabe der Anzahl von Schwingungen, die sie innerhalb einer Secunde machen, übergehend, müssen wir leider bekennen, daß eine solche Angabe in absoluter Weise durchaus unmöglich ist, indem wir nämlich bis heute noch keinen eigentlichen so zu sagen Normalton haben, sondern die Stimmung unserer Instrumente, sowohl nach Gattung als nach Ort, immer noch eine verschiedene ist, wenn auch gegen früher in neuerer Zeit schon ungleich mehr und Viel geschah, eine durchaus gleich hohe Stimmung in unserer

gesammten praktischen Musikwelt, also einen eigentlichen Normalton, eine Normaltonhöhe zu erzielen. So weiß z. B. jeder Musiker, daß, was die Stimmung der Instrumente unsers gesammten Musiklebens betrifft, wir jener Bestrebungen ungeachtet immer noch einen sogenannten Kammer-, einen Chor- und einen hohen Chorton von einander unterscheiden müssen. Der Kammerton ist die gewöhnliche Stimmungshöhe unserer Saiten- und Blasinstrumente, welche neuerer Zeit endlich auch auf die Orgeln angewandt wird; aber früher standen diese ausschließlich und mit ihnen alle sogenannten Kircheninstrumente, als Posaunen, Trompeten, Zinken ꝛc. im Chortone, der um einen ganzen Ton höher stimmt als der Kammerton. Daher treffen wir diese Stimmung auch heute noch bei allen ältern Orgeln, Trompeten und Posaunen, ja bei sehr alten treffen wir sogar noch die Stimmung des hohen Chortons, der noch um einen ganzen Ton höher steht als der Chorton, also um zwei ganze Töne höher als der Kammerton. Aber angenommen, letzterer, der Kammerton, sey jetzt endlich die allgemeine Stimmung unserer Instrumente, oder die Kirchenorgeln ausgeschlossen von dem damit bezeichneten Bereich, so herrscht doch auch darin, in dem Höhenmaaße dieser sogenannten Kammerstimmung, erwiesenermaßen immer noch eine namhafte Verschiedenheit, indem man hier das Maaß dafür so und so hoch, dort wieder um so und so viel höher oder tiefer, und am dritten, vierten, fünften Orte abermals höher oder tiefer als am zweiten anlegt. So herrscht z. B. im Königlichen Theaterorchester zu Berlin eine Stimmung, wornach $\overline{a}$ 874 einfache Schwingungen in einer Secunde macht; in Paris bei der großen Oper eine solche, wornach derselbe Ton nur 862 solche Schwingungen in derselben Zeit vollbringt (also eine tiefere Stimmung), und bei dem italienischen Theater eine noch tiefere, indem da das $\overline{a}$ nur 848 Schwingungen in einer Secunde macht. Die höchste Stimmung dürfte Wien

haben, indem dort dieselbe bis zu 889, ja 890 Schwingungen für $\bar{a}$ steigt. Die großen Nachtheile einer solchen verschiedenen Stimmweise leuchten ein und sind auch schon von dazu berufenen Männern in Journalen und andern Schriften auseinandergesetzt worden; hier für unsern Theil bestehen sie darin, daß wir die beabsichtigte Angabe nur bis auf eine ungefähre vollbringen können, und wir folgen dabei den Berechnungen Scheiblers, wornach der Körper, welcher den Ton $\bar{a}$ von sich giebt, in einer Secunde 880 Schwingungen macht oder schwingend sich 440 mal hin und 440 mal her bewegt, und wornach also auf $\bar{c}$ 528, auf $\overline{cis}$ $563^{1}/_{5}$, auf $\bar{d}$ 594, auf dis $633^{3}/_{5}$, auf $\bar{e}$ 660, auf $\bar{f}$ 704, $\overline{fis}$ 751, $\bar{g}$ 792, $\overline{gis}$ $844^{4}/_{5}$, $\bar{a}$ 880, $\bar{b}$ 938, $\bar{h}$ 990 und $\bar{\bar{c}}$ 1056 Schwingungen kommen. Die Schwingungszahlen aller übrigen Töne unsers Tonsystems lassen sich leicht nach dieser einen Octavenreihe ausrechnen, indem bekanntlich nach der Höhe zu die Zahl sich jedesmal in der Octave verdoppelt, und der Tiefe zu sich halbirt. Das Folgende macht dies noch deutlicher. Andere nämlich geben ihre Durchschnittsberechnung etwas tiefer an, indem sie allgemein annehmen, daß schon bei 32 Schwingungen in einer Secunde ein musikalischer Ton erfolge, nämlich bei einer 32 Fuß langen offenen Labialpfeife das 32füßige C, und darnach würden auf Contra-C blos 64, auf C blos 128, auf c 256, auf $\bar{c}$ blos 512 ꝛc. fallen, weil jeder Ton, der gerade um eine Octave höher steht, auch gerade die doppelte Anzahl von Schwingungen macht und machen muß, da Prime und Octave sich stets verhalten wie 1 zu 2. Mit Scheiblers Angaben stimmen aber die Berechnungen überein, die Oppelt mit seiner unglaublich genauen Sirene anstellte, und fand Scheibler sein Resultat auf dem Wege der oben (im vorhergehenden Paragraphen) angegebenen ersten Methode, so zeugen hier zwei Methoden für die Richtigkeit der Rechnungen.

§. 7.
Fortsetzung.

Betreff der relativen Höhe oder Tiefe eines Tones (s. oben §. 4) fragt es sich nicht, wie viele Schwingungen macht der einen gewissen Ton hervorbringende Körper in einer Secunde? sondern wie viele Schwingungen erfordert ein Ton innerhalb einer gewissen Zeit (einer Secunde) im Verhältniß zu einem mit ihm identischen oder zu einem andern Tone, im Vergleich mit diesem? — Und indem wir so fragen, forschen wir begreiflicherweise auch nicht mehr nach dem Höhenmaaße der einzelnen Töne oder überhaupt Töne selbst, das wir ja zudem auch schon kennen, sondern forschen nach der Größe der Entfernung eines Tones von einem andern, nach der Größe der Intervalle, denn das gegenseitige Verhältniß zu dem Ende mit einander verglichener Töne ist nichts Anderes als was wir Intervall in der Musik nennen.

Welche und wie viele Intervalle wir in der Musik in Berechnung nehmen, ihre Namen (Prime, Secunde, Terz, Quarte, Quinte 2c.), wie viele Tonstufen-Entfernung wir darunter verstehen, daß wir diese Tonstufen immer von der Tiefe nach der Höhe abzählen, daß die einzelnen Intervalle auch in verschiedenen Größen vorkommen (als klein, groß, übermäßig, vermindert 2c.), — dies und alle sonstige Lehre unsrer musikalischen Grammatik von den Intervallen setzen wir natürlich als bekannt voraus, und beschränken unsere Betrachtung also lediglich auf das Größenverhältniß der einzelnen Intervalle nach Maaßgabe der Anzahl von Schwingungen, welche, in Folge unserer vorhin gemachten Erfahrungen über die absolute Höhe der Töne, ihre Endtöne machen.

Auffallend, daß dabei alle Unbestimmtheit aufhört und die

vollste mathematische Bestimmtheit eintritt; aber dennoch natürlich, denn mögen wir das absolute Tonmaaß noch so verschieden annehmen, das Verhältniß des einen Tones zum andern bleibt dennoch immer dasselbe; mag die Stimmung unserer Instrumente hier eine tiefere, dort eine höhere seyn, die Größe, Weite der einzelnen Intervalle ändert sich dadurch nicht, und es bleibt also auch das Verhältniß unter den Schwingungszahlen der beiden Endtöne immer ein und dasselbe. So ist es z. B. Thatsache, daß ein Körper, der gerade noch einmal so viele Schwingungen als ein anderer macht, immer auch genau die Octav von demjenigen Tone angiebt, den dieser erzeugt, und so muß auch das Verhältniß der innerhalb einer Octav enthaltenen übrigen Intervalle immer ein und dasselbe bleiben, mag die absolute Tonhöhe lauten wie sie will, mögen wir den gewöhnlichen Normalton $\bar{a}$ annehmen zu 880, 870 oder welcher andern Anzahl von Schwingungen in einer Secunde, denn um so viel höher oder tiefer als dieser eine Normalton sind verhältnißmäßig auch alle übrigen Töne. Drücke ich mich noch deutlicher durch ein vollständiges Beispiel aus. Nach Scheiblers Rechnung macht $\bar{a}$ 880 Schwingungen in einer Secunde, und $\bar{d}$ 594, Andere huldigen einer tieferen Stimmung und geben $\bar{a}$ nur 855 und $\bar{d}$ nur 567, aber demungeachtet bleibt bei beiden $\bar{d}$—$\bar{a}$ eine reine Quinte und auch das Verhältniß zwischen 594—880 und 567—855 ist ein und dasselbe, nämlich das Verhältniß von 3:2, d. h. $\bar{a}$ schwingt 3 mal in derselben Zeit, in welcher d nur zwei Schwingungen macht. Jetzt leuchtet ohne Zweifel das Alles auf's Bestimmteste ein, und wir können übergehen zur Angabe des Größenverhältnisses der einzelnen Intervalle selbst, wobei wir genau der von Bindseil berichtigten Chladni'schen Tabelle folgen.

Namen der Intervalle.	Tonbeispiel derselben.	Verhältniß ihrer Schwingungszahlen.
Prime oder Einklang . . z. B.	C : C . . .	1 : 1.
Uebermäßige Prime	C : Cis . .	25 : 24.
Kleine Secunde	D : Es . .	16 : 15.
	C : Des . .	27 : 25.
Große Secunde	D : E . . .	10 : 9.
	C : D . . .	9 : 8.
Uebermäßige Secunde	D : Eis .	125 : 108.
	C : Dis . .	75 : 64.
Verminderte Terz	Cis : Es .	144 : 125.
Kleine Terz	C : Es . .	6 : 5.
Große Terz	C : E . . .	5 : 4.
Uebermäßige Terz	C : Eis .	125 : 96.
Verminderte Quarte	C : Fes . .	32 : 25.
Reine Quarte	C : F . . .	4 : 3.
Uebermäßige Quarte	C : Fis . .	25 : 18.
Verminderte Quinte	C : Ges . .	36 : 25.
Reine Quinte	C : G . . .	3 : 2.
Uebermäßige Quinte	C : Gis . .	25 : 16.
Kleine Sexte	C : As . .	8 : 5.
Große Sexte	C : A . . .	5 : 3.
Uebermäßige Sexte	C : Ais .	125 : 72.
Verminderte Septime	D : Ces .	128 : 75.
	C : Bb . .	216 : 125.
Kleine Septime	D : c . . .	16 : 9.
	C : B . . .	9 : 5.
Große Septime	C : H . . .	15 : 8.
Uebermäßige Septime	C : His .	125 : 64.
Verminderte Octav	C : ces . .	48 : 25.
Reine Octav	C : c . . .	2 : 1.

Hier sind jedoch alle Intervalle in ihrer eigentlichen Größe, in ihrer größten Reinheit aufgeführt, wie sie eigent-

lich executirt werden sollten und wie sie unter den jetzt üblichen Instrumenten auch hauptsächlich nur auf den Geigeninstrumenten verwirklicht werden können; aber weil unsere praktische Musik in dem Umfange einer Octave nur zwölf verschiedene Tonstufen anerkennt, so übt sie die verschiedenen Intervalle auch nicht in jener ihrer eigentlichen Größe aus, sondern folgt einem sogenannt temperirten Tonsysteme, d. h. einem Systeme, wornach außer der allein reinen Octav alle zwischen liegenden Intervalle so viel von ihrer eigentlichen Größe verlieren oder zu derselben zusetzen, daß der ganze Raum von 1 bis 2 durch zwölf gleich weit von einander entfernte Tonstufen eingenommen werden kann. So ist z. B. in der praktischen Musik die übermäßige Prime gleich mit der kleinen Secunde oder — mit andern Worten — wir haben in der praktischen Musik keine große und kleine halbe oder große und kleine ganze Töne ꝛc., und muß sie also jenen so viel ab- und diesen so viel zusetzen, daß im Ganzen nur zwölf gleich große Halbtöne in der Octave vorkommen können. Allein davon ist auch noch nicht hier, sondern kann erst weiter unten im gegenwärtigen Kapitel, wo wir insbesondere der Temperatur unseres Tonsystems unser Augenmerk zuzuwenden haben, die Rede seyn, und so erfahren wir auch dort erst, in welcher Größe unsere praktische Musik eigentlich ihre verschiedenen Tonstufen und Intervalle ausübt, während wir hier erfuhren, wie groß dieselben eigentlich nach ihrer mathematischen Bedeutung seyn sollten und in der Theorie wirklich auch angenommen werden müssen. Wie aber überzeugen wir uns, ob die in obiger Tabelle gegebenen Rechnungsresultate richtig sind? — Ohne Zweifel am sichersten, wenn wir mit den angegebenen Größenverhältnissen der einzelnen Intervalle auf dieselbe Weise verfahren, wie mit den Intervallen selbst bei ihrer sogenannten Umkehrung im harmonischen Tonsatze. Durch diese Umkehrung — wissen wir — wird z. B. die

reine Quinte zu einer reinen Quarte (c—g wird zu g—c), eine große Secunde wird zu einer kleinen Septime (c—d wird zu d—c) ꝛc.; aber da die Umkehrung selbst nur darin besteht, daß wir den höhern Ton um eine Octav tiefer oder den tiefern um eine Octav höher legen, also das ganze Verfahren ausschließlich in dem Octavensystem, als Anfang und Ende aller unserer Tonberechnungen, wurzelt, so müssen ursprüngliches und umgekehrtes Intervall zusammengezählt auch immer wieder eine volle Octave abgeben (eine reine Quinte und eine reine Quarte geben eine Octav, denn von c—g und nun von g bis c ist eine Octav c—c), und so sind nun auch unsere Rechnungen unfehlbar vollkommen richtig, wenn wir das Größenverhältniß eines Intervalls multipliciren mit dem seines umgekehrten Intervalls und sich das Größenverhältniß einer Octav als Product ergiebt. Machen wir den Versuch: das Größenverhältniß der großen Secunde c—d ist $^9/_8$, das der kleinen Septime d—c ist $^{16}/_9$, $^9/_8 \times {}^{16}/_9 = {}^{144}/_{72} = {}^2/_1$ und dieses ist das Verhältniß der Octav. Es ist überflüssig, dieselbe Probe auch bei jedem andern Tone zu machen: wer von unsern verehrl. Lesern der Rechnung nicht traut, mag nach Maaßgabe des einen gegebenen Beispiels die Probe fortsetzen und über alle übrigen Intervalle sich erstrecken lassen, er wird finden, daß Alles und zwar aufs Genaueste zutrifft, wie wir sagen.

Demnach muß denn endlich auch die Methode richtig seyn, welche man anwandte, die Verhältnißgrößen der einzelnen verschiedenen Intervalle, und namentlich der kleinen mathematischen Unterschiede zwischen einem eigentlich großen und kleinen halben Tone, also zwischen unsern sogenannten enharmonischen Intervallen zu berechnen. So groß nämlich auch die Zahl der Intervalle einer Octav ist, wenn wir alle Töne derselben von Einem Grundtone aus und zwar — wie noch hier — mit mathematischer Genauigkeit betrachten, so einfach

wird dieselbe gleichwohl, wenn wir immer nur je zwei einander zunächst liegende Töne unter sich vergleichen, denn wir erhalten alsdann nur folgende vier Intervalle, denen die beigefügten Verhältnißzahlen entsprechen: großer ganzer Ton = 9:8, kleiner ganzer Ton = 10:9, großer halber Ton = 16:15, und kleiner halber Ton = 25:24. Von diesen vier Intervallen kommen in unserm diatonischen Tongeschlechte indessen nur die ersten drei vor, denn — die Leiter von C als Muster genommen —

C — D — E — F — G — A — H — c

ist gleich — $^9/_8$ — $^{10}/_9$ — $^{16}/_{15}$ — $^9/_8$ — $^{10}/_9$ — $^9/_8$ — $^{16}/_{15}$

und wie haben wir nun die Größe der chromatisch zwischen liegenden kleinen halben Töne gefunden, also die Größe von cis, des ꝛc.? — Dadurch, daß wir im Falle von chromatischen Erhöhungen die Verhältnißzahl des Stammtones mit der eines kleinen halben Tones multiplicirten und im Falle von chromatischen Erniedrigungen sie damit dividirten? — Die Töne C — f z. B. verhalten sich als reine Quarte zu einander wie $^4/_3$, multipliciren wir diese Zahl nun mit $^{25}/_{24}$, so erhalten wir $^{100}/_{72}$ oder $^{25}/_{18}$ als die Größe von fis, und dividiren wir sie damit, so erhalten wir $^{96}/_{75}$ oder $^{32}/_{25}$ als die Größe von fes, und wenden wir endlich diese Methode bei allen diatonischen Tonstufen einmal bei der Erhöhung und das anderemal bei der Erniedrigung an, so müssen wir auch genau den eigentlich mathematischen Unterschied zwischen den enharmonischen Tönen, also z. B. von cis und des ꝛc. kennen lernen, indem nämlich durch Vergleichung des Größenverhältnisses beider Töne, das wir auf angegebene Weise gefunden, sich das Verhältniß herausstellt von $^{128}/_{125}$, welches das Komma oder die kleinere Diesis genannt wird, die natürlich in unserem temperirten Tonsysteme, wie wir später erfahren werden, wegfällt oder vielmehr durch entsprechende Vergrößerung des kleinen halben und eben so viele Verkleine-

rung des großen halben Tones aufgehoben und ausgeglichen wird.

Daß diejenigen Intervalle, welche sich über eine Octave hinaus erstrecken, nur eine Wiederholung der in der Octav enthaltenen sind, also z. B. die None eine Wiederholung der Secunde oder Zusatz einer Secunde zu der Octav, und also auch lediglich als ein solcher Zusatz berechnet werden müssen, versteht sich von selbst.

§. 8.

Fortsetzung.

Ein anderes Verfahren, das Verhältniß der Höhe verschiedener zu dem Ende mit einander verglichener Töne, also das Größenverhältniß der verschiedenen Intervalle innerhalb einer Octav zu bestimmen, ist das Umkehren des oben und gewöhnlich dazu angewandten, indem man jetzt nämlich nicht mehr fragt, wie viele Schwingungen macht ein gewisser Ton innerhalb einer gewissen Zeit (einer Secunde), sondern umgekehrt, wie viel Zeit braucht ein gewisser Ton, um eine oder eine gewisse Anzahl von seinen Schwingungen zu vollbringen? — Man sieht, genau betrachtet ist dies Verfahren das nämliche und muß daher zu demselben Ziele führen, nur ändert sich der Maaßstab. Doch überzeugen wir uns auch durch eigene Rechnung davon.

Oben fragten wir, wie viele Schwingungen macht z. B. der den Ton C gebende Körper innerhalb einer Secunde? — Die Antwort war 128, und wußten wir nun schon, daß jede Octav in allen Beziehungen einer Verdoppelung der ersten verglichenen Tonhöhe gleichkommt, so wußten wir sofort auch, daß c demnach 256 Schwingungen in einer Secunde macht ꝛc., denn 256 ist das Doppelte von 128. Fragen wir nun umgekehrt, wie viel Zeit braucht ein den Ton C gebender Kör-

per, um eine oder mehrere seiner Schwingungen zu vollbringen, so wird und muß die Antwort lauten: $^1/_{128}$ oder so viele 128tel Secunde, als Schwingungen angenommen worden sind, c braucht $^1/_{256}$ Secunde zu einer und eine ganze Secunde zu 256 Schwingungen ꝛc. Und nehmen wir dann C als 1 an, so muß c $^1/_2$ seyn, und rechnen wir so weiter für alle zwischen C und c liegenden Intervalle, so muß auch auf diesem Wege genau wieder dieselbe Verhältnißtafel entstehen, welche wir oben in Folge der ersten Form unserer Frage fanden, denn die Basis von beiden Tafeln ist ja dieselbe, und wo sich die Ursachen gleichen, müssen unter gleichen Bedingungen auch die Wirkungen sich gleich bleiben, die Bedingungen aber sind hier einzig und allein die Intervalle selbst, deren Größe sich nicht ändert, mögen wir sie messen auf welche Art wir wollen.

Eben dasselbe ist der Fall, messen wir endlich bei Saiteninstrumenten insbesondere die Höhe ihrer verschiedenen Töne nach den Längen der Saiten: auch hier muß sich das Verhältniß der verschiedenen Töne zu einander als das gleiche wie dort herausstellen, vorausgesetzt, daß die Saiten, deren Länge zu dem Ende mit einander verglichen wird, von gleicher Dicke und Qualität sind. Uebrigens ist diese Messungsart namentlich für unsere vielen Clavierinstrumentenmacher von wesentlich praktischer Wichtigkeit und wir wollen daher etwas aufmerksamer dabei verweilen.

Bei gleichartigen Saiten, d. h. bei Saiten von gleicher Masse, gleicher Dicke und gleicher Spannung, verhält sich — wie wir früher schon lernten — die Länge umgekehrt wie die Zahl der Schwingungen, d. h. die Letzteren nehmen in demselben Maaße an Anzahl zu, in welchem sich die Saite verkürzt. So giebt also eine Saite, wenn sie ganz schwingt, ihren Grundton, wenn man aber nur die Hälfte davon schwingen läßt die nächst höhere Octav, wenn man nur ein Dritt-

theil davon schwingen läßt die Quinte dieser nächst höheren Octav ꝛc., und wir wollen eine vollständige Tabelle von diesen Längenverhältnissen hersetzen, wobei dann ganz einerlei ist, ob man wirklich den angegebenen Theil von ein und derselben Saite schwingen läßt, also um sich von der Wahrheit des Gesagten zu überzeugen etwa einen beweglichen Steg unter der zum Versuche angewendeten Saite anbringt, oder ob man so viele einzelne Saiten, als Theile angegeben sind, genau in der Größe dieser Theile neben einander spannt.

Saitenlänge.			Tonprodukt.
Die ganze Saite		giebt	ihren Grundton,
"	1/2	" "	dessen nächst höhere Octav,
"	1/3	" "	deren Quinte,
"	1/4	" "	die zweite höhere Octav,
"	1/5	" "	die große Terz dieser zweiten Octav,
"	1/6	" "	die Quinte dieser zweiten Octav,
"	1/7	" "	die kleine Septime dieser zweiten Octav,
"	1/8	" "	die dritte höhere Octav,
"	1/9	" "	die Secunde dieser dritten Octav,
"	1/10	" "	die große Terz dieser dritten Octav,
"	1/12	" "	die Quinte derselben,
"	1/15	" "	die große Septime derselben, und
"	1/16	" "	die vierte höhere Octav.

Und stellen wir vom Standpunkte dieser Tabelle aus auch eine Berechnung für die einzelnen Intervalle einer Octav an, so ergiebt sich die merkwürdige Erscheinung, daß auch hier wieder die Resultate dieselben sind, zu welchen wir vorhin gelangten, als wir das Größenverhältniß der einzelnen Intervalle nach den Schwingungszahlen ihrer beiden Endtöne bestimmten, indem nämlich die beiden Saiten, deren Klang z. B. eine übermäßige Prime bildet, auch ihrer verschiedenen Länge nach sich zu einander verhalten, wie 25:24, bei einer kleinen Secunde wie 16:15 und 27:25, bei einer großen

Secunde wie 10:9 und 9:8 ꝛc. ꝛc.; nur daß hier in natürlicher Folge umgekehrt die größere Zahl sich immer auf die längere Saite, also den tiefern Ton bezieht, während dort (bei Messung nach den Schwingungszahlen) die größere Zahl die Anzahl der Schwingungen angab, welche der höhere Ton (die kürzere Saite) macht, während der tiefere verglichene Ton so viele Schwingungen macht, als die niedere Zahl besagt.

§. 9.
Melodie, Harmonie, Accord.

Daher, aus diesen Verhältnissen der einzelnen Töne und Intervalle, erklären sich nun auch leicht alle diejenigen Verhältnisse, in welchen dieselben erscheinen und gebraucht werden, wenn sie, von der Kunst aus ihrer Einzelheit herausgehoben und zu wirklichen Darstellungen verwendet, nun bald als Melodie, in einer dem Ohre wohlgefälligen und sich durch sinnvolle rhythmische Abschnitte auszeichnenden Reihenfolge auf einander, oder bald auch in Gemeinschaft mit einander, zu Accorden und Harmonien zusammengefügt, die zugleich den Charakter der in den Melodien niedergelegten Gefühlssprache näher bestimmen, auftreten; ja es dürfte sogar keine so sehr schwierige Aufgabe seyn, von daher alle jene hundertfältigen, bis heute leider meistens nur als Erfahrungssätze vorgetragenen Lehren und Gesetze vollkommen natürlich, auf rein physischem Wege zu erklären, durch welche sich unsere sogenannte Theorie der Tonsetzkunst vor vielen andern ähnlichen Lehrgebäuden auszeichnet. Neuerer Zeit scheint man das, dieses nothwendige Beruhen unserer gesammten musikalischen Grammatik auf der eigentlich physischen und psychischen Natur des Klanges und Tones für sich, auch schon mehr und mehr gefühlt zu haben, und wenn man nach und nach dahin

gekommen ist, einzusehen, daß der ganze gewaltige Apparat von Accorden ꝛc., den unsere Tonsetzer bei der Gestaltung ihrer Werke zur Hand haben, doch am Ende nur wurzelt in den drei Stammaccorden des Dreiklangs, der Septime und None, so wird es für uns auch nur darauf ankommen, das nothwendige Entstehen derselben auf rein physischem Wege nachzuweisen, um darzuthun, wie in der That hier der menschliche Sinn, das Ohr, ein Urtheil bewährte, so scharf, daß die darstellende Kunst ihm unbedingt folgen durfte und ferner folgen darf.

§. 10.
Fortsetzung.

Was wir unter Melodie, Harmonie und Accord verstehen, habe ich so eben bereits nebenher angedeutet oder setze ich als bekannt voraus.

Schon in Beziehung auf blos melodische Tonfolgen lehren unsere Meister der musikalischen Setzkunst, daß solchen Organen, bei denen die Erzeugung des Tones weniger auf einem ausschließlich mechanischen Verfahren beruht, die also den eigentlich tongebenden Körper weniger unbedingt dem bloßen Willen des Musikers unterworfen seyn lassen, als namentlich der menschlichen Gesangstimme und mehreren Blasinstrumenten, mancherlei Intervallenschritte entweder gar nicht oder doch nur unter sehr beschränkenden Bedingungen zugetheilt werden dürfen: was für Intervalle sind das? — lauter nur solche, deren Schwingungsverhältniß, schauen wir auf die oben gegebenen Tabellen zurück, ein solch' complicirtes oder schwer abzumessendes ist, daß sowohl unser Geist es nicht so bald zu fassen vermag, als auch nicht jeder weniger biegsame Stoff oder doch nicht jede Erregungsweise sich zu seiner Gestaltung fügt. So konnte es denn auch nicht fehlen, daß sich zur Gestaltung von Harmonien und Accorden nur solche

Intervalle natürlich zusammenfügen, deren Verhältniß mindestens ein solch' einfaches ist, daß es sich in seinen Bruchzahlen auf eine bestimmende Einheit zurückführen läßt, und das sind, außer der so zu sagen identischen Octav, die Verhältnisse der Quinte, Quarte, Sexte, Terz und dann erst der Septime und Secunde. Quarte, Sexte und Secunde aber, haben wir gelernt, sind nichts Anderes als umgekehrte Quinte, Terz und Septime, None dagegen nichts Anderes als blos eine Wiederholung der Secunde, und so bleiben denn auch nur Terz, Quinte und Septime als diejenigen Intervalle übrig, welche sich in Folge der Gründung ihrer Verhältnisse auf eine gewisse Einheit auch so zu sagen von selbst zu einem vollkommenen Accorde vereinigen, und dies zwar in der Weise, daß, je mehr sich beim Zusammenzählen ihrer Verhältnisse das Resultat zur Einheit nähert, desto natürlicher und fast nothwendiger auch ihre Verbindung erscheint. Die Sache ist so klar, daß Jeder, welcher die Feder zur Hand nimmt und nach der oben gegebenen und nachgehends bei Betracht der temperirten Töne praktisch zu modificirenden Tabelle förmlich die bezügliche Rechnung anstellen will, sich sofort von der Wahrheit und That überzeugen muß. Demnach sind es nun aber auch eigentlich nur die Dreiklangs- und Septimenharmonien, welche hier zu einer näheren Beschauung zu kommen brauchen, um sofort darnach eine akustische Erklärung für alle übrigen melodischen und harmonischen Gestaltungen und Gesetze in unserer Musik zu haben.

§. 11.

Fortsetzung.

Die Grundform der Dreiklangsharmonie besteht in dem Zusammenklingen eines Tones mit einem andern, der um eine Terz höher ist als jener, und mit einem dritten Tone, der wiederum um eine Terz höher ist als dieser zweite

oder um eine Quinte höher als der erste Grundton, der auch Tonica genannt wird, so wie die Quinte Dominante und die Terz, weil sie in der Mitte von Tonica und Dominante liegt, Mediante. Das die allgemeine Grundform der Dreiklangsharmonie; ihr besonderer Charakter dann hängt von der Beschaffenheit der beiden Terzen ab, aus welchen sie zusammengesetzt wurde, und diese Beschaffenheit kann sich vierfach gestalten, so daß daraus dann auch ein vierfach verschiedener Dreiklang entsteht. Einmal nämlich kann die erste Terz groß und die zweite klein seyn, und dann haben wir den gewöhnlichen Durdreiklang, z. B. c — e — g, dessen Intervalle sich immer zu einander verhalten wie $1 : {}^5/_4 : {}^3/_2$ oder in ganzen Zahlen ausgedrückt wie 4 : 5 : 6 (nämlich $^4/_4 : {}^5/_4 : {}^6/_4$), während der Grundton vier Schwingungen macht, macht die Mediante fünf und die Dominante sechs. Ist zweitens die erste Terz klein und die zweite groß, wie bei c—es—g, so entsteht der sogenannte Molldreiklang, dessen Intervalle sich verhalten wie $1 : {}^6/_5 : {}^3/_2$ oder in ganzen Zahlen wie 10 : 12 : 15, während der Grundton zehn Schwingungen macht, in derselben Zeit macht die Mediante zwölf und die Dominante fünfzehn. Sind drittens beide Terzen klein, so entsteht der sogenannt verminderte Dreiklang mit kleiner Terz und kleiner, eigentlich verminderter Quinte (c—es—ges) oder von dem Verhältnisse $1 : {}^6/_5 : {}^{36}/_{25}$, in ganzen Zahlen 25 : 30 : 36. Man sieht, daß das akustische Verhältniß ein immer complicirteres, schwieriger zu fassendes wird, je weiter sich schon diese erste aller harmonischen Formen von ihrer ursprünglichen Natürlichkeit, ihrer Reinheit entfernt. Sind endlich viertens beide Terzen groß, so entsteht der sogenannt übermäßige Dreiklang mit großer Terz und übermäßiger Quinte oder dem Verhältnisse von $1 : {}^5/_4 : {}^{25}/_{16}$, in ganzen Zahlen 16 : 20 : 25, wie c—e—gis.

Die Grundform der Septimenharmonie besteht aus

Grundton, Terz, Quinte und Septime, oder aus einem Dreiklange und einer demselben oben noch weiter hinzugefügten dritten Terz, deren Gränzton zum Grundtone das Intervall einer Septime bildet und je nach der Größe dieses Intervalls dann auch den eigentlichen Charakter des Accords, ob er ein kleiner, großer oder verminderter Septimenaccord ist, näher bestimmt. Der kleine Septimenaccord ist also ein solcher, in welchem das Intervall der Septime ein kleines ist, wie bei c—e—g—b; aber es können in diesem Accorde auch die übrigen Intervalle (Terz und Quinte) von verschiedener Größe seyn, und es zerfällt derselbe demnach in mehrere besondere Unterarten. Ist die Terz groß, in welchem Falle auch die Quinte stets eine reine oder große ist, so ist der Accord der sogenannte Haupt-Septimen- oder Dominant-Septimenaccord, der vorzugsweise zum Uebergange in den Schlußaccord (Dreiklang) einer Tonart und daher auch vorzugsweise zum Modulationsaccorde gebraucht wird, mit dem Verhältnisse von $1 : {}^5/_4 : {}^3/_2 : {}^9/_5$ oder 20 : 25 : 30 : 36 der einzelnen Intervalle. Ist die Terz klein, so ist die Quinte entweder groß oder auch klein (vermindert). Im ersteren Falle entsteht der sogenannte kleine Septimenaccord oder Mollseptimenaccord, wie c—es—g—b, im Verhältnisse von $1 : {}^6/_5 : {}^3/_2 : {}^9/_5$ oder 10 : 12 : 15 : 18; im andern Falle, wie bei c—es—ges—b, der kleine Septimenaccord mit verminderter Quinte im Verhältnisse von $1 : {}^6/_5 : {}^{36}/_{25} : {}^9/_5$ oder 25 : 30 : 36 : 45. Der Septimenaccord mit großer Septime kommt nur in einerlei Art vor, nämlich mit lauter großen Intervallen, als c—e—g—h, im Verhältniß von $1 : {}^5/_4 : {}^3/_2 : {}^{15}/_8$ oder 8 : 10 : 12 : 15, und er ist der stets in seine eigene Dreiklangsharmonie überleitende Accord, weshalb auch nur das Verhältniß seines letzten Intervalls von der gleichen Theilbarkeit der ersten drei etwas abweicht. Eben so kommt auch der sogenannt verminderte Septimenaccord nur in einer

Art vor, nämlich (außer dem Grundtone) mit kleiner Terz, kleiner (verminderter) Quinte und verminderter Septime (e—g—b—des, fis—a—c—es), die sich zu einander verhalten wie $1 : {}^{6}/_{5} : {}^{36}/_{25} : {}^{128}/_{75}$ oder 75 : 90 : 108 : 128. Wie complicirt schon dieses Klangverhältniß ist, sieht Jeder ein, und es muß damit nothwendig die Gränze aller unmittelbaren harmonischen Tonverbindung erreicht seyn.

§. 12.

Fortsetzung.

Und es ist dies auch, wie in Folge eines glücklichen Treffens des rechten Maaßes uns die Praxis lehrt, da alle sonstigen selbstständigen Accorde, welche diese in sich aufgenommen hat, lediglich entstanden sind theils durch die sogenannte Umkehrung, theils durch bloße Erweiterung oder irgend eine andere freie Umgestaltung der obigen beiden Stammharmonien von Dreiklang und Septime. Blos durch Umkehrung des Dreiklangs z. B. erhalten wir alle die verschiedenen Sexten- und Quartsextenaccorde, durch Umkehrung der Septimenharmonie die verschiedenen Quintsexten, Terzquarten-, Secundquarten- oder Secundenaccorde, mit deren Erklärung und Entzifferung unsere gewöhnlichen Harmonielehren sich oft bis zu dickleibigsten Büchern ausstaffiren, während vom rein akustischen Standpunkte aus betrachtet das Begreifen von jenen wenigen Klangverhältnissen hinreicht, das gesammte große harmonische Gebäu, in welchem unsere Kunst so majestätisch thront, zu durchdringen. Durch bloße Erweiterung der Septimenharmonie entstehen die verschiedenen Nonenaccorde und durch Umgestaltung oder Verbindung derselben mit den Grundlagen der Dreiklangsharmonie die verschiedenen Undecimen- und Terzdecimenaccorde, und was ist außerdem noch in jenem Gebäu, das sich als ein selbstständiger Körper, als ein selbstständiger Accord betrachten ließe? — Nichts. Alle anderen

Accorde noch, die durch sogenannte Vor= oder Aufhalte, Durchgangs= oder Hülfstöne 2c. entstehen, sind keine selbstständigen Accorde mehr, sondern nur durch die Kunst geschaffene Gestaltungen, durch welche die eigentlich selbstständigen und wesentlichen Theile des harmonischen Gebäues verschönernd in einander gewebt, in einander geflochten und zum festeren wie wohlgefälligeren Bestand mit einander verwebt werden sollen, wie die eigentlichen Tragsäulen und Pfeiler eines Hauses durch die verschiedenen Riegel und Balken.

Was allein wichtig demnach bei Betrachtung des Gegenstandes noch bleibt, ist die Verschiedenheit der Wirkung der beiden grundwesentlichen Klangverhältnisse auf unser Ohr und überhaupt unser inneres Empfindungsvermögen: alle Verhältnisse der Dreiklangsharmonie wirken in dieser Richtung befriedigend und beruhigend, und dies um so mehr oder weniger, je weniger oder mehr sie sich von der Einheit oder doch Einfachheit der Größen entfernen; alle Verhältnisse der Septimenharmonie dagegen wirken gerade im umgekehrten Sinne und dies ebenfalls um so mehr oder weniger, je weiter oder näher sie von demselben Standpunkte der Größen abstehen. Jene Verhältnisse werden daher consonirend, diese dissonirend genannt, und die Dreiklangsharmonie erscheint demnach als die Grundform, als die eigentliche Wurzel aller consonirenden Harmoniegestaltungen, während die Septimenharmonie für die Grundform, die eigentliche Wurzel aller dissonirenden Harmoniegestaltungen gehalten werden muß.

Das führt zu einer näheren Betrachtung des Wesens der Con= und Dissonanzen überhaupt.

§. 13.

Consonanz und Dissonanz.

Durch die Verbindung von zwei oder mehr Tönen zu Accorden oder Harmonien überzeugen wir uns, daß auch zwei

oder mehrere, durch Schwingungen klingender Körper erregte, Wellenzüge der Luft, oder kurzweg zwei oder mehrere Schallwellen zugleich an unser Ohr anschlagen können. Geschieht das und ist dann die dadurch in unserem Ohre erregte Empfindung eine mehr oder weniger angenehme und befriedigende, so nennt man die durch diese Wellenzüge bewirkten Töne consonirend, im andern Falle, wo die Empfindung eine weniger oder mehr unangenehme und unbefriedigende, erst nach Befriedigung und Beruhigung durch consonirende Tonverhältnisse strebende ist, dissonirend, und Consonanzen und Dissonanzen insbesondere, wenn der zusammenwirkenden Wellenzüge nur zwei sind. Das die gewöhnliche und ohne Zweifel auch richtige Worterklärung: worauf aber beruht nun dieses Con- und Dissoniren an und für sich oder vielmehr diese verschiedene con- und dissonirende Wirkung solcher zweier oder mehrerer gleichzeitiger Tonwellen, mit einem Worte — der Intervalle? — wie schon in den so eben vollendeten Betrachtungen mehrfach angedeutet wurde und auch gewöhnlich die Antwort unserer Akustiker lautet: auf der größeren oder geringeren Einfachheit des Schwingungsverhältnisses der zu dem Ende mit einander verglichener Töne oder — mit andern Worten — darauf, ob sich das Verhältniß der zur Hervorbringung dieser Töne nöthigen Schwingungen in mehr oder weniger kleinen Zahlen ausdrücken läßt. Doch das, diese Antwort zu begreifen, ist wohl noch folgende Erläuterung nöthig, die wir unserer Hauptquelle um ihrer Sinnigkeit willen gerne fast wörtlich entlehnen.

Die Beurtheilung der verschiedenen Höhe der Töne besteht in einer bloßen Gefühlszählung mittelst des Gehörsinnes. Dieser aber vernimmt nicht nur die Schnelligkeit der Schwingungen überhaupt, sondern auch, wenn mehr als ein Wellenzug zugleich an das Ohr anschlägt, wie oft eine Welle des einen Wellenzugs beim Anschlagen an das Ohr mit der des

andern Wellenzugs zusammentrifft. Aus den vorangegangenen Betrachtungen nämlich wissen wir, wie sich die Töne von Seiten der Schnelligkeit der sie erzeugenden Schwingungen zu einander verhalten, wissen namentlich z. B. daß ein klingender Körper **B**, dessen Ton eine Octave höher ist als der eines andern **A**, in demselben Zeitraume zweimal schwingt, wo dieser Körper **A** nur eine Schwingung macht; daß ferner ein die Quinte dieses Grundtones **A** gebender Körper **C** in demselben Zeitraume stets drei Schwingungen macht, wo **A** blos zweimal schwingt, und daß ein die große Terz des Grundtones **A** hervorbringender Körper **D** fünf Schwingungen in derselben Zeit vollbringt, wo **A** nur viermal schwingt. Nun wollen wir uns die durch diese vier verschiedenen Schwingungsmaaße in der Luft erzeugten Wellenzüge, die als vier Reihen neben einander auf das hörende Ohr fortschreiten, einmal durch vier Reihen von Punkten versinnlichen, welche in demselben Verhältnisse zu einander stehen, wie in jenen Wellenzügen die Wellen.

und ersieht man daraus, daß in der Reihe **B** jede zweite Welle mit jeder der Reihe **A**, in der Reihe **C** jede dritte Welle mit jeder zweiten von **A**, und in der Reihe **D** jede fünfte Welle mit jeder vierten von **A** zugleich an das Ohr anschlägt, so fragt sichs zur vollständigsten Erklärung des Ganzen nur noch, wie das Ohr dieses Zusammentreffen solcher Wellen vernehmen kann? — Die Antwort ist eine eben so natürliche als einfache: durch die Intensität der Empfindung, welche dadurch, daß zwei oder mehrere Wellen in demselben Moment an das Ohr anschlagen, nothwendig bewirkt wird, während eine Welle, die in dem Moment, wo sie das Ohr berührt,

nicht mit einer andern hier zusammentrifft, eine schwächere Empfindung erzeugt. Uns unbewußt zählt das Gefühl die zusammentreffenden Pulse. Trifft nun, wie bei der mit dem Grundtone verbundenen Octave, jede zweite Welle mit jeder der andern Reihe zusammen, so bleibt das Gefühl ruhig, weil die bloße Zählung bis zwei ihm leicht ist; trifft dagegen, wie bei der Verbindung von A und C oder des Grundtones und der Quinte, erst jede dritte Welle der einen Reihe mit jeder zweiten einer andern zusammen, so wird auch schon die Gefühlszählung gesteigert und das Gefühl lebendiger, — eine Wirkung, die dann immer mehr zunimmt, je mehr sich das Verhältniß von der Einfachheit entfernt, und die nun auch vollkommen deutlich macht, wie es zugeht, nicht allein daß die Consonanzen unter sich einen verschiedenen Grad von Consonanz bewahren, sondern auch die Dissonanzen bald mehr bald weniger scharf in unser Ohr eingreifen. Je größer nämlich bei den verschiedenen Intervallen die Verhältnißzahlen werden, desto größer wird auch für das Gefühl die Schwierigkeit, sie zu übersehen und desto größer mithin die Aufregung desselben, und daher ist eine Verbindung von Tönen nur alsdann wohlgefällig, befriedigend oder consonirend, wenn sich das Verhältniß ihrer Schwingungen oder Pulse nach den einfachen Gefühlsmaaßen 2, 3, 4, höchstens 5 übersehen läßt, so wie sich eben deßhalb auch eine das Gefühl stark aufregende Dissonanz stets nach dem Uebergange in eine Consonanz sehnt oder — wie man in der Musik sagt — aufgelöst zu werden verlangt, weil eben dadurch nur die dem Gefühl unangemessene, seinem natürlichen Zustande widerstrebende Aufregung wieder gestillt werden kann, und dies Alles um so mehr, je heftiger, schärfer die Dissonanz selbst ist. Zwar wird auch, wie schon erwähnt, bereits bei den Intervallen, in deren Verhältnißzahlen sich die Zahlen 3, 4, 5 befinden, das Gefühl lebendig und aufgeregt; allein

nicht in dem Grade, welcher bei den höhern Verhältnissen eintritt und sich steigert bis zum höchsten, der schärfsten Dissonanz, und nimmt man ja eben deshalb auch sowohl für die Consonanzen als für die Dissonanzen verschiedene Classen an, wornach beide sich theilen einmal in vollkommene und wieder in unvollkommenen Con- und Dissonanzen, und wornach auch die vollkommene endlich bald mehr bald weniger vollkommen, und die unvollkommenen bald mehr bald weniger unvollkommen con- oder dissoniren. So sind dieser Reihenfolge nach vollkommene Cosonanzen: die Octave (1:2), die Quinte (2:3) und die Quarte (3:4); und unvollkommene Consonanzen in gleicher Rangordnung: die große Terz (4:5), die kleine Terz (5:6), die kleine Sexte (5:8) und die große Sexte (3:5). Unvollkommene Dissonanzen sind: die große Secunde (8:9) und die kleine Septime (9:16); vollkommene: die kleine Secunde (15:16), die große Septime (8:15), die verminderte oder falsche Quinte (25:36) und außerdem alle übrigen verminderten oder übermäßigen, also alterirte Intervalle.

§. 14.

Die Flageolet- und Combinationstöne.

Damit indessen beurtheilen wir die Intervalle, wie ebenfalls schon einmal erwähnt, stets nur nach Maaßgabe ihrer natürlichen und eigentlichen Größe oder Reinheit, in welcher dieselben von unsrer praktischen Musik, in Folge deren genau abgemessenen Octavensystems, d. h. in Folge derjenigen ihrer Einrichtung, wornach in jeder Octave sich genau dieselben zwölf verschiedene, doch unter sich gleiche Tonstufen und Intervalle der vorigen Octav wiederholen, nicht gebraucht werden, auch nicht ausgeübt werden könne: das einzige vollkommen reine, mathematisch genau abgemessene Intervall, das unsere Praxis hat, ist die Octav; dieses Intervall hat wirklich auch in der Praxis die ihm von Natur aus zukom-

mende Größe von 1 : 2; alle andern Intervalle dagegen nähern sich in der Wirklichkeit nur derselben, sind — wie man technisch sagt — temperirt, weil nämlich (wie gesagt), soll mit der Octav das ganze Tonsystem abgeschlossen seyn, alle innerhalb derselben liegenden weiteren eilf Intervalle sich in den Raum von 1 : 2 theilen müssen und dies nicht anders geschehen kann, als daß einige von ihnen Etwas von ihrer Reinheit verlieren, während andere wieder zur Ausgleichung noch Etwas zu derselben zufügen. Und wir können daher auch eigentlich nie sagen, daß wir eine vollkommen reine Musik haben oder hören, außer es bestände dieselbe ausschließlich aus Octaven oder aus sogenannten Flageolet- und Combinationstönen, da in der That (außer dem Intervall der Octav) auch diese Töne stets eine vollkommen natürliche Reinheit haben und eben deshalb auch oft mit so wunderbarer Wirkung auf das Gefühl an unser Ohr anschlagen.

Was wir unter Flageolet- und Combinationstönen im Allgemeinen und an und für sich zu verstehen haben, wissen wir bereits aus früheren Betrachtungen, dürften es überdem als jedem nur halbwegs gebildeten Musiker bekannt voraussetzen; auch haben wir uns mit ihrer Erzeugungsweise und sonstigen Wesenheit bereits hinlänglich vertraut gemacht, und wir könnten somit nun sofort auch zur Betrachtung derjenigen Größen übergehen, in welchen die verschiedenen Intervalle wirklich von unserer praktischen Musik ausgeübt werden; indeß bieten jene Töne, namentlich die letztern, die Combinationstöne, für die so eben, im voranstehenden Paragraphen, gegebene Erklärung von Con- und Dissonanz noch insbesondere ein so außerordentlich beweisliches Interesse, daß es fast nothwendig ist, auch hier speciell noch einmal etwas länger dabei zu verweilen.

Bringt man z. B. den Grundton und dessen große Terz auf einem Instrumente hervor, also zwei Töne, die sich wie 4:5 zu einander verhalten, so fällt, wie uns aus früheren

Betrachtungen bereits bekannt, jede fünfte Schwingung oder Welle der Schwingungsreihe der Terz mit jeder vierten der Reihe des Grundtones zusammen: dadurch erhält diese, und überhaupt jede vierte Schwingung des Grundtones mehr Intensität, was zur Folge hat, daß sie aus der Reihe der übrigen Pulse stärker hervortritt, und dadurch erscheint eine ganz neue Reihe von Klang- oder vielmehr Schwingungseffekten, die sich zu der des Grundtones überhaupt verhält wie 1 : 4, und welche daher das Ohr als einen besondern (dritten) Ton vernimmt, der in eben diesem Verhältnisse zum Grundtone steht, also in dem Verhältnisse von 1 : 4, was gleich ist mit einer Vertiefung um ganze zwei Octaven. Es soll z. B. der Grundton ‾, die Terz ē seyn: schlagen wir beide Töne gleich stark an und lassen sie fortklingen, so vernimmt unser Ohr in dem Doppelklange noch einen dritten Ton mithallen, der gleich ist C. Sind die beiden Töne, durch deren Vereinigung ein Combinationston erzeugt wird, Grundton und Quinte, so fallen die intensiv verstärkten Pulse auf jede zweite Schwingung des Grundtons, weil Grundton und Quinte sich zu einander verhalten wie 2:3, und so ist der Combinationston hier denn auch nur um Eine Octave tiefer als der Grundton, weil die Zahl der intensiven Pulse sich hier zu der des Grundtons verhält wie 1:2. Bei mehrstimmigen Harmonien können auch wohl zwei, drei Combinationstöne zum Vorschein kommen, die zu den eigentlichen Accordtönen immer in eben dem Verhältnisse stehen, für dessen Berechnung die mitgetheilten beiden Beispiele hinreichende Anleitung geben.

Indessen wird auch nicht bei jeder Verbindung von Tönen ein solcher Combinationston vernommen, sondern daß dies geschieht hängt von dreierlei Umständen ab: einmal von dem gegenseitigen Verhältnisse der Schwingungen der gleichzeitig erklingenden Töne, indem dasselbe nicht von der Art seyn darf, daß die Schwingungen beider Töne nur selten zu-

sammenfallen, also ein so viel als möglich consonirendes seyn muß; zweitens von der absoluten Schwingungszahl (Höhe) jener Töne, indem wenigstens so viele intensive Pulse innerhalb einer Secunde auf einander folgen müssen, als Schwingungen nöthig sind, um überhaupt einen Ton zu erzeugen; und drittens von der absoluten Zeitdauer jener Töne, indem bei schnellem Verklingen derselben natürlich kein öfteres Zusammenfallen von Schwingungen statthaben kann.

Uebrigens würde man sich irren, wollte man den Combinationston, der demnach, durch eben angeführte seine Bedingungen, die Gränzen der Consonanz auf's Bestimmteste abschließt, für einen wirklichen Ton, d. h. für einen Ton halten, der seinen Ursprung unmittelbar einem schwingenden Körper verdankt, sondern er ist nur ein scheinbarer Ton, indem es dem Ohre blos so scheint, als klinge noch ein solcher Ton mit der eigentlichen Harmonie mit, weil das Ohr nämlich die erwähnten intensiven Pulse wegen ihres stärkeren Hervortretens vor den übrigen Klangschwingungen wie eine selbstständige Schwingungsreihe empfindet. Der Name Combinations- oder Compositionston rührt daher, weil er aus der Verbindung (Combination) zweier Töne entsteht.

§. 15.

Die Temperatur unsers Tonsystems.

Und nun zur Betrachtung der temperirten Töne oder vielmehr zur Anwendung des gefundenen eigentlichen Ton- und Intervallenmaaßes auf unsere Musik, wie, in welchem Maaße oder in welchem Verhältnisse diese ihre Töne in Wirklichkeit ausübt und gebraucht.

Wie ich vorhin und wiederholt sagte, sind jene mitklingenden Flageolet- und Combinationstöne, nebst dem Intervall der Octav, die einzigen Töne und Intervalle in unserer gesammten praktischen Musik, welche genau mit den früher an-

gegebenen und nach richtigen mathematischen Berechnungen gefundenen Schwingungsverhältnissen der einzelnen Tonabstände übereinstimmen, demnach auch die einzigen vollkommen reinen Töne in unserer Musik; alle andern Töne und Intervalle derselben stehen bald höher bald tiefer, als jene Angaben besagen, und namentlich darf man kein Instrument, das bleibende Stimmung hat, wie alle Clavier- und Orgelinstrumente, genau darnach stimmen, weil nämlich unsere Musik den Umfang einer Octav genau in blos zwölf gleich große Tonabstände theilt und so sich auf ein sogenannt enharmonisches System stützt, wornach der Unterschied von großen und kleinen halben und von großen und kleinen ganzen Tönen in Wirklichkeit wegfällt, vielmehr z. B. der Ton cis auch als des gelten und somit eben so weit von c als von d entfernt seyn muß, damit er ebensowohl als kleine wie als große Terz, ebensowohl als reine Quarte wie als große Terz ꝛc., also z. B. ebensowohl zu e und a, als zu f und as gebraucht werden kann, ohne dem Ohre den Eindruck einer Consonanz zu nehmen, was alles nur geschehen kann, indem man den sog. kleinen halben Tönen eben so viel zu ihrer Größe zulegt, als man den sog. großen halben Tönen abzieht, und so eine schwebend reine Stimmung hervorbringt, die in ihrer Erzielung oder Verwirklichung das Temperiren oder die Temperatur genannt wird.

Uebrigens verfährt man bei dieser Verwirklichung eines demnach temperirten Tonsystems doch auch noch verschieden, indem es nämlich immer noch einige Tonlehrer giebt, welche einer sog. ungleichschwebenden Temperatur das Wort reden, d. h. wollen, daß wenigstens einige Töne in unserer Octav noch ihre eigentliche natürliche Größe behalten und somit die zwölf Stufen einer Octav nicht alle gleich weit von einander sind, während andere — wie vorhin gesagt — hierin eine völlige Gleichheit hergestellt und somit eine völlig

gleichschwebende Temperatur eingeführt haben wollen, welche jedenfalls auch eben sowohl dem Gefühle als dem gesunden Menschenverstande mehr entspricht, und welche daher auch wir hier zum einzigen Gegenstande unsrer Betrachtung machen.

An eine solch gleichschwebende Temperatur oder gleichstufige Tonleiter ergeht vor allen Dingen und stets die Forderung, die Quinte, Quarte und große Terz allezeit in möglichster Reinheit zu geben. Diese Bedingung wird von den bei unsern Akustikern üblichen sieben Eintheilungsarten der Octave, nämlich in 50, 43, 34, 31, 22, 19 oder 12 gleiche Stufen, in verschiedenem Grade erfüllt. Da jedoch zu jener Forderung auch noch hinzukommt, daß das Tonsystem praktisch ausführbar und brauchbar seyn muß, so sind einzig die beiden letzten Temperaturen in 19 oder 12 gleichen Stufen wirklich zulässig, und hat man sich sogar blos mit den letzten bis jetzt begnügt, so that man um so besser daran, als sie in der That auch gerade diejenige Eintheilungsart ist, welche die empfindliche Quinte und Quarte, die als die vollkommensten Consonanzen nächst der Octav die wenigste Abweichung vertragen, so nahe rein giebt, daß die bis zu völligster Reinheit noch fehlende Differenz für unser Gehör fast ganz verschwindet. Für die Quinte nämlich beträgt die Abweichung des Logarithmus dieser zwölfstufigen Tonleiter von dem des natürlich reinen Verhältnisses blos — $1^2/_3$ (d. h. um so viel ist jener zu klein), während für die große Terz dieselbe schon beträgt + $11^1/_3$. Und wie nun, in welcher Größe werden die einzelnen Töne unsers Tonsystems dem allen zu Folge wirklich von der praktischen Musik ausgeübt? — Das soll folgende neue Verhältniß-Tabelle zeigen, in der wir zugleich, um den Unterschied recht wahrnehmen zu können, der wirklichen Größe die eigentliche oder natürliche nach denselben Maaßstaben noch einmal gegenüber stellen:

Namen der Intervalle.		Natürliche oder eigentliche Größe.		Wirkliche oder Größe bei gleichschwebender Temperatur.		
		Nach Zahl der Schwingungen.	Nach Zeit der Schwing. u. Länge d. Saiten.	Tonstufe.	Nach Zahl der Schwingungen.	Nach Zeit der Schwing. u. Länge d. Saiten.
Grundton oder Prime	C : C	1,00000	1,00000		1,00000	1,00000
Uebermäßige Prime	C : Cis	1,04166	0,96000			
Kleine Secunde	D : Es	1,06666	0,93750	I	1,05946	0,94387
	C : Des	1,08000	0,92592			
Große Secunde	D : E	1,11111	0,90000			
	C : D	1,12500	0,88888			
Verminderte Terz	C : Eses			II	1,12246	0,89090
oder	Cis : Es	1,15200	0,86805			
Uebermäßige Secunde	D : Eis	1,15740	0,86400			
	C : Dis	1,17187	0,85333	III	1,18921	0,84090
Kleine Terz . .	C : Es	1,20000	0,83333			
Große Terz . .	C : E	1,25000	0,80000			
Verminderte Quarte	C : Fes	1,28000	0,78125	IV	1,25992	0,79370
Uebermäßige Terz	C : Eis	1,30208	0,76800			
Reine Quarte .	C : F	1,33333	0,75000	V	1,33484	0,74915
Uebermäßige Quarte	C : Fis	1,38889	0,72000			
Verminderte Quinte	C : Ges	1,44000	0,69444	VI	1,41421	0,70710
Reine Quinte . .	C : G	1,50000	0,66666	VII	1,49831	0,66742
Uebermäßige Quinte	C : Gis	1,56250	0,64000	VIII	1,58740	0,62996
Kleine Sexte . . .	C : As	1,60000	0,62500			
Große Sexte . . .	C : A	1,66667	0,60000			
Verminderte Septime	D : ces	1,70666	0,58593	IX	1,68179	0,59461
	C : Bb	1,72800	0,57870			
Uebermäßige Sexte	C : Ais	1,73611	0,57600			
Kleine Septime .	D : c	1,77777	0,56250	X	1,78180	0,56123
	C : B	1,80000	0,55555			
Große Septime .	C : H	1,87500	0,53333	XI	1,88775	0,52973
Verminderte Octave	C : ces	1,92000	0,52083			
Uebermäßige Septime	C - His	1,95313	0,51200	XII	2,00000	0,50000
Octave	C : c	2,00000	0,50000			

So kennen wir denn auch diejenige Größe, in welcher sämmtliche Intervalle von der praktischen Musik wirklich ausgeübt werden; nur ist dabei noch zu bemerken, daß ungeachtet der blos zwölf Tonstufen, welche die Praxis der Musik innerhalb einer Octave annimmt, die Theorie derselben dennoch auch alle jene Intervalle anerkennt, welche zu Folge der natürlichen und eigentlichen Stufen-Eintheilung sich innerhalb einer Octav bilden lassen, und daß daher die sogenannte musikalische Orthographie nichts destoweniger nicht zuläßt, daß wir diejenigen verschiedenen Töne, welche von der praktischen Musik blos auf Einer Octavstufe ausgeübt werden, auch im Notensystem immer blos auf ein und derselben Stufe des Liniensystems bezeichnen oder immer blos mit ein und demselben Namen benennen, sondern hier, im Namen und Schreibart, giebt es, ungeachtet der Temperatur unsers zwölfstufigen Tonsystems an und für sich, immer noch z. B. ebensowohl eine große Septime **C-H** oder **D-cis**, als eine verminderte Octav **C-ces** oder **D-des**, und ist doch auch nur eben daraus das entstanden, was wir die enharmonische Tonleiter oder das enharmonische Tonsystem in unsern musikalischen Grammatiken nennen.

§. 16.

Die Tonleitern und Tonarten.

Und dies führt, zum Schluß unsrer diesseitigen Betrachtung, nun unmittelbar auch noch zu einer Untersuchung der akustischen Ursachen unserer Tonleiter- und Tonarten-Verhältnisse.

Eine Tonleiter — sagt Chladni — ist die sangbarste Reihe von Tönen, durch welche man von einem Grundtone bis zu seiner Octav fortschreiten kann, ohne das Gefühl des Grundtones zu verlieren; andere Akustiker definiren etwas

anders, doch ohne den Begriff im Wesentlichen zu ändern; nur G. Weber setzt noch hinzu, daß sie auch die Gesammtheit der Bestandtheile der einer Octav eigenthümlichen Harmonien sey. Schreitet man nun von dem Grundtone bis zu seiner Octave so, wie in der Reihe c d e f g a h c geschieht, also durch lauter ganze und zwei große halbe Töne fort, so nennt man dieses eine diatonische Tonleiter, und ebenso die Fortschreitung von einem dieser Töne zu einem andern durch das Intervall eines ganzen oder großen halben Tones, z. B. von c nach d, von e auf f ꝛc., eine diatonische Fortschreitung; schreitet man dagegen von einem Hauptton zu dem Tone fort, der durch dessen Erhöhung oder Erniedrigung (♯ oder b) entsteht, also z. B. von d nach dis oder nach des, so heißt diese Fortschreitung eine chromatische; und enharmonisch endlich nennt man die Fortschreitung von einem Tone, der durch Erhöhung entstanden ist, zu dem auf der nächsten Stufe, der durch Erniedrigung entstanden ist, oder umgekehrt, z. B. von cis nach des, fis nach ges ꝛc. Ebenso redet man auch von einer chromatischen und enharmonischen Tonleiter, und versteht unter der ersteren eine solche, welche lauter chromatische, und unter der letzteren eine solche, welche lauter enharmonische Fortschreitungen die Octav hindurch macht, oder — mit andern Worten — welche den ganzen Inbegriff von natürlichen erhöhten und erniedrigten Tönen umfaßt. Wie gesagt indessen, weiß blos die Theorie, die Idee, Etwas von solchen Fortschreitungen und Tonleitern, die wirkliche Praxis erkennt sie nicht an, weil diese blos zwölf ganz gleiche Stufen in der Octave hat und also z. B. cis und des, fis und ges ꝛc. auf ein und derselben Klangstufe, mit ein und demselben Tone ausübt, und so kommt es denn hier auch nur noch auf die Unterscheidung einer Dur- und Molltonleiter an.

Um den Unterschied dieser beiden Gattungen von Tonleitern

und somit auch Tongeschlechten recht deutlich zu machen, muß zuvor bemerkt werden, daß sich die Tonreihe vom Grundtone bis zur großen Septime in zwei große Terzen und eine kleine zerlegen läßt, nämlich einmal vom Grundtone bis zur eigentlich sogenannten Terz, dann von dieser bis zur Quinte, und von dieser wieder bis zur großen Septime: schreiten nun die Töne vom Grundtone aufwärts so fort, daß die erste Terz eine große, die zweite eine kleine und die dritte wieder eine große ist, oder — mit andern Worten — daß die erste Terz der Verhältnißzahl 5:4, die zweite der 6:5 und die dritte wieder der 5:4 entspricht (c d e f g a h), so heißt die Tonleiter oder Tonart **Dur**; ist aber die erste Terz eine kleine = 6:5 und die zweite und dritte eine große = 5:4 (c d es f g a h), so heißt die Tonleiter und Tonart **Moll**; und so ist nun auch erklärt, warum die Durtonleiter immer auch genau der Vorzeichnung ihrer Tonart entspricht, die Molltonleiter aber darin die Eigenthümlichkeit bewahrt, daß ihre Tonart in der *harmonischen* Behandlung ihrer Tonstufen stets eine kleine Sexte fordert statt der großen in der blos stufenweisen, *leiterartigen* Fortschreitung.

Zweites Kapitel.

Instrumentenbau

oder

die Lehre von dem akustischen Princip des Baues musikalischer Instrumente.

§. 1.

Uebersicht.

Alle musikalischen Instrumente sind, vom ausschließlich akustischen Standpunkte aus angeschaut, entweder:

1. Singinstrumente, wo die Töne durch irgend eine Art von Streichen oder Reiben hervorgebracht werden und, so lange man will, fortdauern, meistens ebenso wie bei der menschlichen Stimme, mit willkürlich zu- oder abnehmender Stärke; oder:
2. Klinginstrumente, wo die Töne durch Schlagen oder Reißen oder überhaupt durch eine Art von Stoß hervorgebracht werden und nachher, wenn die Wirkung des Stoßes aufhört, verhallen, so daß keine beliebige Fortdauer und kein An- oder Abschwellen, auch kein Gleichbleiben der Stärke stattfindet.

Die ersteren zeichnen sich dadurch aus, daß man gebundene und melodische Sätze darauf besser als auf andern Instrumenten vortragen kann; die letzteren dagegen meistens

durch eine sehr schnelle, präcisere Ansprache und durch Genauigkeit des Rhythmus, indem ein angeschlagener Ton allemal in dem ersten Momente am stärksten ist, während bei einem durch Reiben hervorgebrachten Tone immer ein kleiner Zeitraum vergeht und vergehen muß, ehe die stärkste Wirkung erfolgt, wenn auch bei gut construirten Instrumenten dieser Art und bei richtiger Behandlung derselben dieser Zeitraum so klein ist, daß er als ganz unmerklich und als kaum vorhanden angesehen werden darf.

§. 2.

Fortsetzung.

Beide Hauptklassen nun aber, von denen die erstere auch wohl die Klasse der melodischen und die zweite die Klasse der rhythmischen Instrumente genannt wird, zerfallen je nach Beschaffenheit des Körpers, der insbesondere zur Erzeugung der Töne angewendet wird, wieder in verschiedene Unterordnungen. So haben wir:

I. Singinstrumente
   1) mit Saiten,
   2) mit Luft, die in einer Röhre eingeschlossen ist,
   3) mit Stäben oder schmalen Streifen, die gerade oder auf irgend eine Art gekrümmt seyn können, und
   4) mit Glocken.

Die Singinstrumente mit Saiten dann zerfallen abermals:

a) in solche Instrumente, worauf eine Stimme vorgetragen wird oder doch nur ausnahmsweise mehr als eine Stimme, also in solche, welche zum Zusammenspielen mehrerer Personen bestimmt sind, als: alle Geigen- oder Bogeninstrumente;

b) in solche Instrumente, auf denen mehrere Stimmen

zugleich vorgetragen werden können und in der Regel auch vorgetragen werden, welche also mehr als die vorhergehenden zum Alleinspielen geeignet sind, und wobei nun:

aa) das Instrument entweder mit Tasten gespielt wird, in welchem Falle:

α) das Streichen geschieht entweder in die Quere, vermittelst eines oder mehrerer Räder, die auf der äußeren Oberfläche mit einer streichenden Substanz überzogen sind, oder vermittelst eines um zwei Räder gehenden Bandes ꝛc., wie bei den sogenannten Bogenflügeln oder Bogenclavieren jeder Art (von denen die Leier, vielle, eine der vollkommensten ist), oder durch Violinbögen oder Stränge von Pferdehaaren, die in einem beweglichen Rahmen befestigt zwischen den Saiten durchgehen, wie bei der Xänorphica oder dem Orchestrino;

β) oder geschieht das Streichen in der Ebene der Axe, so daß ein an der Saite in die Quere angebrachter beweglicher Ansatz durch eine Streichwalze gestrichen wird: Harmonichord;

γ) oder werden endlich die Saiten durch einen Luftstrom in Schwingung versetzt: Aeolsharfe, Anemochord.

bb) oder wird ein an den Saiten in die Quere angebrachter, etwas beweglicher Ansatz mit den Fingern der Länge nach gestrichen: Triphon, eigentlich ein Harmonichord ohne Tastatur.

Die Singinstrumente mit in einer Röhre eingeschlossener Luft sind:

a) entweder zum Vortrage blos einer Stimme, also zum Zammenspiele mehrerer Personen bestimmt, wie die Blasinstrumente aller Art;

b) oder vielstimmig, also mehr zum Alleinspielen geeignet, wie die Orgel und alle Instrumente, die dieser ähnlich sind.

Die Singinstrumente mit Stäben oder schmalen (bald geraden bald krummen) Streifen werden:

a) entweder mit Tasten gespielt, und dann geschieht das Streichen:

aa) entweder hin= und herwärts (in der Ebene der Axe), vermittelst einer sich drehenden Streichwalze, wie bei dem Clavicylinder;

bb) oder in die Quere (seitwärts), ähnlich wie bei dem Bogenclavier;

cc) oder werden die Stäbchen (Stahlstreifen) durch einen Luftstrom in Vibration gesetzt, wie bei der Maultrommel, der Aeoline 2c.

b) oder wird ein an dem Stabe befestigter Ansatz mit den Fingern gestrichen, wie bei dem Euphon, das deshalb fast nichts Anderes ist als ein Clavicylinder ohne Tastatur;

c) oder geschieht das Streichen der Stäbe mit Violinbögen, wie bei der sogenannten Eisenvioline;

d) oder endlich werden die Stäbe durch Hauch in Vibration gesetzt, wie bei Scheiblers Aura oder Mundharmonica.

Singinstrumente endlich mit Glocken lassen sich zwei verschiedene Arten unterscheiden:

a) entweder drehen sich die an einer gemeinschaftlichen Spindel befestigten Glocken um die Axe und werden auf ihrer äußeren Fläche in die Runde gerieben oder gestrichen, einerlei mit den Fingern oder mit Tasten, wie bei Franklins viel besprochener und sogar besungener Harmonica;

b) oder werden Glocken oder glockenförmige Gefäße neben einander befestigt und mit zwei Violinbogen gestrichen.

§. 3.

Fortsetzung.

Und von da nun zu der Eintheilung:

II. der Klinginstrumente oder rhythmischen Instrumente übergehend haben wir auch davon zunächst vier verschiedene Hauptarten, nämlich:

1) mit Saiten,

2) mit Stäben oder schmalen Streifen von Holz, Glas, Metall 2c. und gerade oder verschieden gekrümmt,

3) mit gespannten Flächen oder Membranen, und

4) mit an sich elastischen Flächen.

Die Klinginstrumente mit Saiten sind dann wieder solche, welche:

a) entweder vermittelst einer Tastatur, und zwar:

aa) durch Anschlag von Hämmern, wie das Pianoforte,

bb) oder durch Reißen von Federn, wie das Spinet,

cc) oder durch Anschlag von Tangenten, wie das Clavichord;

b) oder durch Reißen mit den Fingern gespielt werden, als: Harfe, Laute, Mandoline, Guitarre 2c.;

Die Klinginstrumente mit Stäben oder (bald krummen bald geraden) schmalen Streifen werden:

a) entweder durch Klöppel geschlagen, wie die Strohfiedel, das Sistrum der Aegyptier, die Triangel 2c.;

b) oder vermittelst einer Tastatur durch Hämmer angeschlagen, wie das Clavecin à cordes de verre;

c) oder ebenfalls vermittelst einer Tastatur durch eine Art von Feder gezupft;

d) oder auch unmittelbar mit den Fingern gezupft, wie ein in Brasilien gebräuchliches, aus dünnen Stahlstreifen bestehendes Instrument.

Von der dritten Gattung der Klinginstrumente existirt

nur eine Art, die Pauken, Trommeln, kurz alle trommelförmige Instrumente; aber von den:

Klinginstrumenten mit für sich elastischen Flächen wieder hat man:

a) sowohl solche mit Glocken, wie die namentlich in Holland sehr bekannten Glockenspiele, die bald mit Hämmern, bald mit Klöppeln, und bald vermittelst einer Tastatur, bald ohne solche unmittelbar geschlagen werden;

b) als solche mit Scheiben, die durch Klöppel geschlagen werden, wie das King der Chinesen.

§. 4.
Fortsetzung.

Uebrigens so richtig und vollständig diese Classification unsers gesammten Instrumentenvorraths ist, und so gewiß dieselbe unmittelbar aus den im ersten Theile dieses Buchs aufgestellten Grundlehren der Akustik erwächst, gleichwohl sieht Jeder auf den ersten Blick, daß dieselbe doch weniger auf dem eigentlich akustischen Princip, d. h. auf der inneren und äußeren Beschaffenheit des eigentlich tönenden oder tonerzeugenden Körpers der Instrumente, als vielmehr schon und hauptsächlich auf der mechanisch-organischen Construction der tonerzeugenden Mittel beruht, daß diese Construction aber recht wohl eine sehr verschiedene seyn kann, ohne jenes Princip auch nur im mindesten dadurch zu ändern, und daß somit, lediglich von diesem Princip aus das Orchester angeschaut, jene Eintheilung sich gleichsam wie von selbst wieder bedeutend vereinfacht, indem sie sich reducirt auf dessen gewöhnliche Eintheilung in Saiten-, Blas- und Reib- oder Schlag-Instrumente. Und die akustische Lehre vom Instrumentenbau nun kann ebenfalls nur von diesem ersten Princip

aller akustischen Betrachtung, also von der eigenthümlichen Beschaffenheit des im Instrumente eigentlich tönenden oder tonerregenden Körpers ausgehen, und so haben wir uns denn auch bei den folgenden Betrachtungen weniger an die oben gegebene, blos auf der organisch-mechanischen Construction der Instrumente beruhende Classification derselben, als vielmehr an diejenige rein principielle Classification zu binden, wornach unser gesammter Instrumentenvorrath in Folge der verschiedenen Beschaffenheit der elastischen Körper, durch welche die Töne hervorgebracht werden, zerfällt:

1) in Saiteninstrumente, d. h. in Instrumente, in denen die tönenden Körper durch Spannung elastisch sind;
2) in Blasinstrumente (wozu auch die Orgeln gehören), in denen die tönenden Körper durch Druck elastisch sind; und
3) in Reib- oder Clavicylinder-Instrumente, in denen die tönenden Körper durch innere Steifigkeit elastisch sind.

So ist z. B. bei den Instrumenten mit Saiten für die Tonfähigkeit an und für sich einerlei, ob die Saiten geschlagen, gerissen, geblasen oder gestrichen, kurz einerlei, auf welche Art sie in Vibration gesetzt werden: worauf dies Bezug und bedeutenden Einfluß hat, ist einzig — wie wir im ersten Theile gesehen haben — die Beschaffenheit des bereits erzeugten Tones oder Klanges; aber daß überhaupt Töne auf Instrumenten mit Saiten erzeugt werden können, dies beruht auf einer andern Bedingung, welche alle dergleichen Instrumente unter sich gemein haben müssen, nämlich der Resonanz, und es hat also auch die eigentlich musikalische (akustische) Lehre vom Instrumentenbau nichts weiter mehr zu thun, als die Gesetze dieser Resonanz zu ermitteln, um sofort dann der Mechanik zu überlassen, welche verschiedenen Mittel, Arten und Weisen

sie erfinden will, um auf Grund jener Gesetze die Töne genannten Instrumenten zu entlocken. Eben so verhält es sich mit den Instrumenten, bei denen Luft oder Stäbe die eigentlich tönenden oder tonerzeugenden Körper sind: nur ob die Luft und die Stäbe an und für sich, und unter welchen Bedingungen sie zu musikalischen Werkzeugen gebraucht werden können, ist Gegenstand der praktischen Akustik, nicht aber das Wie, die Art und Weise ihrer Erschütterung, obschon dieselbe allerdings einen wesentlichen Einfluß auf die Beschaffenheit des erzeugten Tones übt und in sofern auch Gegenstand der eigentlichen Theorie des Klanges (s. den ersten Theil) ist.

§. 5.

Saiteninstrumente.

Wie gesagt also besteht die ganze akustische Lehre vom Bau der Saiteninstrumente — um nun auch speciell zu der Lehre vom Instrumentenbau überzugehen — hauptsächlich auf Ermittelung der Gesetze der Resonanz, indem nämlich keine Saite für sich tönt, sondern zur Erzeugung eines musikalischen Tones mittelst Saiten immer eine Resonanz nöthig ist. Eben deshalb aber ist die Lehre vom Bau der Saiteninstrumente bisher auch immer noch am wenigsten ausgebildet worden, weil nämlich die Bewegungen, die bei der Resonanz stattfinden, zu complicirt sind, als daß sie hätten schon sowohl an und für sich als in ihren Wirkungen genau beobachtet werden können. Was sich bis heute in der Beziehung erforschen ließ, und mit überzeugender Gewißheit theils vom Verfasser dies selbst, theils von Andern und den geachtetsten Männern des Fachs erforscht wurde, ist im Folgenden so übersichtlich als möglich zusammengestellt.

§. 6.

Fortsetzung.

Resonanz ist — wörtlich genommen — die Wiedertönung, Zurücktönung oder Wiedererscheinung eines gegebenen Tones. Diese — behalten wir das Wort bei — diese Wiedererscheinung kann geschehen:

1) durch Zurückwerfen der Schallwellen von einem Gegenstande, an welchen dieselben anschlugen. Dadurch entsteht das uns bereits bekannte Echo.

2) Kann sie geschehen in einem Nachhalle oder verlängerten und dadurch verstärkten Klange eines Tones, durch Mitvibration anderer fester Körper mit dem eigentlich tonerregenden oder wirklich tönenden, indem dieselben nämlich von den Schallwellen oder bewegten Lufttheilen berührt und auf diese Weise in eine gleiche tonfähige Bewegung gesetzt werden. Natürlich gehört dazu — wie wir uns auch schon früher belehrt haben — immer ein gewisser Grad von Empfänglichkeit für die qualitative und quantitative Beschaffenheit der Vibration auf Seiten des berührten Körpers. Trockenes Holz, Metall, Glas haben mehr Resonanz als nasses Holz, Erde, Stein, weil sie mehr Fähigkeit zu inneren Schwingungen besitzen. Elliptisch und parabolisch gebaute Wände haben mehr Resonanz als alle andern, weil sie den Formen der Schallwelle mehr entsprechen und daher von diesen gleichzeitiger und somit kräftiger berührt werden können. Besteht doch eben deshalb auch darin das leitende Princip bei dem Baue von Concertsälen, Kirchen, Theatern ꝛc. Freigehalten giebt die Maultrommel fast gar keinen Klang, bei noch so heftiger Vibration ihrer Feder; zwischen den Zähnen gehalten aber tönt sie ziemlich stark, weil jetzt der Gaumen die Schallwellen zurückwirft und diese auch den resonirenden Zähnen sich mittheilen. Auch Stimmgabeln, Spieluhren, Dosen,

ꝛc. klingen, an harte, sonore Körper dergestalt gehalten, daß sich die Schallwellen diesen mittheilen können, weit stärker, voller ꝛc. Selbst die bloße Sympathie der Töne, oder was die Franzosen **résonance multiple** nennen, gehört in die Cathegorie der Resonanz. Erinnere man doch auch, was wir im ersten Theile von den sogenannt mitklingenden und Complications-Tönen sagten.

3) Geschieht die Wiedererscheinung eines gegebenen Tones durch die wirkliche endliche Bildung und Ausdehnung desselben in einem mit dem tonerregenden Körper in unmittelbarer Verbindung stehenden andern harten Körper, welchen man, seiner äußern Form wegen, bei den musikalischen Instrumenten und namentlich bei den Saiteninstrumenten den Resonanzboden, Sangboden, Decke, Dach ꝛc. nennt; und in der Theorie dieses Resonanzbodens ist demnach auch nicht blos die ganze Analyse der Resonanz überhaupt, sondern zugleich der Complex von allen den Gesetzen und Principien enthalten, nach welchen insbesondere alle diejenigen Instrumente angelegt, d. h. entworfen, und construirt, mit einem Worte gebaut werden müssen, deren eigentliche Wirkung und Brauchbarkeit auf Resonanz beruht und daher auch alle einen Resonanzboden haben, — das sind sämmtliche Saiteninstrumente.

§. 7.

Fortsetzung.

Die ganze physische Beschaffenheit eines Klanges nämlich erfordert, daß, wenn und wo er entstehen soll, der durch die Vibration des tonerregenden Körpers (Saite) in Schwingung gesetzte Luftstrom vermöge seiner anstoßenden Kraft zuerst an einen nahe bei dem schwingenden Körper vorhandenen und durch diesen ebenfalls in gleichmäßige Bewegung gesetzten andern elastischen Körper anschlagen und dann

wieder von demselben zurückgestoßen werde. Spannt man eine Saite straff an, so daß sie sich frei bewegen kann, aber mit keinem andern elastischen Körper in Verbindung steht, und schnellt oder reißt sie dann mit den Fingern, so bringen ihre dadurch bewirkten Schwingungen noch keinen eigentlichen Klang, sondern nur ein kurzes Summen oder Brummen hervor: erst wenn die Saite noch mit einem andern Gegenstand in Verbindung gesetzt ist, der durch seine eigenen Schwingungen die ihrigen genau begränzt und sich mit diesen in ein gewissermaßen correspondirendes Verhältniß setzt, geschieht dieses, nämlich kommt ein wirklicher Ton oder Klang zum Vorschein. Daher das allgemeine Gesetz, daß jedes Saiteninstrument einen Resonanzboden, d. h. einen sich über oder unter alle Saiten ausbreitenden und mit diesen auf irgend eine Weise in unmittelbarer Verbindung stehenden elastischen Körper haben muß, dessen freie Lage und sonstige Bauart ein Aufnehmen der Saitenvibration gestattet und dadurch das Zurückwerfen der anschlagenden Schallwellen dergestalt befördert, daß ein wirklicher Klang, ein klingender Ton entsteht. Aber daher auch die Thatsache, daß es bei den Saiteninstrumenten nur eine Weise giebt, den Ton aus ihnen hervorzuholen, — den Stoß. Wir haben uns davon schon früher überzeugt und die ganze Wesenheit derjenigen Töne kennen gelernt, die durch Stöße erzeugt werden, aber müssen um des Folgenden und des Zusammenhanges willen wenigstens die Hauptmomente aus der damaligen bezüglichen Betrachtung noch einmal hersetzen. Jeder Stoß dann kann entweder ein einziger durchgreifender oder können es mehrere kurze seyn. Beim einzelnen Stoße hängt die Höhe und Tiefe des Tones lediglich von der Beschaffenheit, Spannung ꝛc. des tonerregenden Körpers, also der Saite, ab, wie bei dem Clavier, Hackebrett, überhaupt allen Schlagsaiteninstrumenten; bei einem ganzen System von Stößen aber hängt der erscheinende

Ton, sobald das System nicht durch die Totalbewegung der Saite gestört oder vermischt wird, immer auch von dem System selber ab. So ist der Ton auf allen Geigeninstrumenten nicht blos bedingt von der Beschaffenheit, Länge, Kürze, Dicke, Spannung ꝛc. der Saite, sondern auch von der Art der Bogenführung. Wo ein System von Stößen in seiner ganzen Freiheit wirkt, ist vornehmlich bei der Aeolsharfe. Man darf sich ein solches System aber nie als auf die Bewegung der ganze Saite wirkend denken, denn dazu ist schon die Dauer eines jeden Stoßes viel zu kurz, wenn er auch die innere Kraft dazu besäße; jeder Stoß vielmehr hat keine andere Aufgabe, als entweder die Saite in eine Krümmung zu versetzen, welche von der Trochoide am weitesten entfernt ist, in welchem Falle der stoßende Körper mit Leder überzogen werden muß (wie beim Pianoforte die Hämmer), oder die Wirkung des Stoßes soll sich auf die Molecule des elastischen Saitenkörpers selbst erstrecken. In jedem Falle wird die primär durch den Schlag oder sekundär durch die winkelförmige Krümmung der Saiten selbst hervorgebrachte locale Compression der Saiten-Molecule durch die Saite ihrer ganzen Länge nach fortgepflanzt und so oft wiederholt, als die Saite sich neuerdings dieser Krümmung nähert. Wie oft aber die Saite sich der ersten, durch den Stoß hervorgerufenen Lage nähert, hängt lediglich, unter sonst gleichen Umständen, von ihrer Spannung ab.

Hat übrigens der einzelne Stoß oder Schlag auch nie auf die Höhe des Tones einen Einfluß, so hat er diesen doch, wie wir bereits wissen, auf die Qualität des Tones, je nachdem er nämlich mehr oder weniger Molecule des Saitenkörpers zugleich zu bewegen vermag. Je dicker der Hammer eines Pianoforte oder je dicker der Bezug eines Violinbogens — führte ich seiner Zeit schon beispielsweise hiefür an — desto dicker auch der Ton. Der musikalische Ton der Saiten

also wird als solcher nicht unmittelbar erzeugt von der Totalschwingung der Saite, sondern sein Grund liegt tiefer: in den Molecularschwingungen aller zu seiner Erzeugung mitwirkenden Körper.

§. 8.

Fortsetzung.

Und war dies das Resultat aller unsrer frühern Untersuchungen über die physische Natur und namentlich die Erzeugungsart der Töne, so ist es nun auch das Erste, was bei Untersuchung der Natur des Resonanzbodens festgehalten werden muß, denn was die Theorie in dieser Angelegenheit über die Saite bestimmt, gilt eben wegen seines bereits angedeuteten und nachgehends noch deutlicher hervortretenden engen Verhältnisses zur Saite auch von ihm. Man weiß, wie leicht sich auch die kleinsten Stöße durch ungeheure elastische Körper fortpflanzen, wie z. B. ein kleiner fahrender Karren ganze Gebäude durch und durch erschüttert, Kanonendonner Fensterscheiben zerschellt, während eine in der Fensteröffnung sich befindliche Lichtflamme nicht im Geringsten bewegt wird; die Wirkung aber beruht auf demselben Gesetze, in welchem wir die Ursache erkennen, und wenn der Resonanzboden selbst nichts mehr und nichts weniger wäre als nur ein Fortleiter der Bewegungen und Klänge der Saite, so kann diese Fortleitung nur geschehen, indem die Natur des Körpers sich denselben Gesetzen unterwirft, unter welchen schon die Saite ihre erste Wirkung hervorbrachte.

Nun aber ist der Resonanzboden in der That noch mehr. Steht nämlich der Satz fest, daß nicht die Totalschwingungen einer Saite die tönenden Schwingungen sind, sondern in einem Falle nur das Mittel, welches die erste momentane Erregung der Molecular-, d. h. der eigentlichen Tonschwingungen in abgemessenen Intervallen wiederholt und erneuert, wodurch

die Dauer und Höhe des Tones bestimmt wird, und daß im andern Falle die Molecularschwingung die eigentlich tönende ist, ja daß der Ton der Molecularschwingungen desto klingender und reiner ist, je weniger die Saite dabei als Ganzes beunruhigt wird, — so bleibt es auch eine ausgemachte Sache, daß die Intensität und Qualität eines Tones nur von den Moleculen eines tönenden Körpers abhängt. Die Masse oder die Molecule einer transversal schwingenden Saite jedoch ist viel zu unbedeutend, als daß man ihr einen eigentlichen Ton zuschreiben könnte, und so müssen wir denn auch als das eigentliche Tonwerkzeug nicht mehr den schwingenden, blos tonerregenden Körper, die Saite, sondern das Instrument selbst, aus welchem die Saite den Ton hervorlockt, betrachten, und es ist also genau betrachtet ganz unrichtig, wenn auch gewöhnlich, von selbsttönenden Körpern zu reden, die ohne Resonanzboden gar keinen Ton von sich zu geben im Stande sind.

Das ist daher das Zweite, was uns bei Untersuchung der Natur des Resonanzbodens entgegentritt, und damit haben wir denn auch seine Theorie, so wie, alles bisher Gesagte und noch Folgende zusammengestellt mit dem, was im ersten Theile dieses Buchs über die Tonerzeugung durch Saiten und deren qualitativen und quantitativen Einfluß auf Qualität und Quantität ihres Tones überhaupt vorgetragen wurde, eine Theorie des gesammten Bau's von Saiteninstrumenten. Die Saite ist bei diesen eigentlich nur der mechanische, obschon immer auf seine Wirkung wesentlich influirende Tonerreger, der als ein mechanisches System von Stößen die Molecule des Resonanzbodens in Schwingung versetzt und zwar in eine solch' systematische Schwingung, die jenem System von Stößen entspricht.

Die Richtigkeit dieses Satzes ergiebt sich aus mancherlei praktischen Versuchen. Man kann das tönende Saiteninstrument eben sowohl mit der Hand berühren, als das tönende Blasinstrument, ohne daß der Ton dadurch wesentlich gestört würde; dennoch hat sowohl bei den Saiten- als bei den Blasinstrumenten dies Berühren seine Gränzen, wenn es wirklich auf den Ton gar keinen wesentlichen Einfluß üben soll. Spannt man eine Saite, die sehr wenig Masse hat, an irgend einen Körper, der nicht leicht zum Mitschwingen zu bewegen ist, z. B. an eine massive Mauer, bis zu einer beliebigen Tonhöhe und setzt sie durch Reißen mit dem Finger oder auf sonst eine Weise in Schwingung, so wird schon in ganz geringer Entfernung der Ton nicht mehr zu hören seyn; setzt man dieselbe Saite aber nur auch mittelst eines langen hölzernen Leiters mit einem und wenn noch so entfernten Resonanzboden in Verbindung, so wird der Ton augenblicklich sehr laut, aber nicht mehr von der Saite, sondern vom Resonanzboden her erschallen.

§. 9.

Fortsetzung.

Und welche Regeln ergeben sich nun aus dieser theoretischen Satzung für den praktischen Bau eines Resonanzbodens und damit für den Saiteninstrumenten-Bau überhaupt? — Es sind folgende.

Ist der Resonanzboden nicht blos Verstärker und Wiederschaller, sondern wirklicher Miterzeuger des Tones, der aus dem ganzen Instrumente gewissermaßen hervorquillt, und ist es nicht die Totalschwingung, sondern blos die Schwingung der Molecule, welche diese tönende Wirkung in dem ganzen Instrumente verursacht, so ist auch diejenige Bauart von Saiteninstrumenten die beste, welche:

1) den Resonanzboden verhindert, Transversal- oder Longitudinalschwingungen zu machen oder sich als Ganzes zu bewegen, ohne daß seine innere Elasticität dadurch gehemmt wird;

2) den Resonanzboden so fest und allgemein als nur immer möglich mit dem ganzen Instrumentenkörper und in sich selbst in Verbindung setzt, und zugleich am meisten bezweckt, daß die Schwingungen seiner Molecule sich zunächst über seine ganze Länge und dann auch über das ganze Instrument in einem abgemessenen Stoßsysteme ausbreiten; und welche somit

3) auch bewirkt, daß die Schwingungen der Saiten sich am unmittelbarsten, durch eine feste Verbindung dieser mit dem Resonanzboden (durch den sog. Steg), erst dem Resonanzboden seiner ganzen Fläche nach und in zweiter Folge durch diesen auch dem übrigen Instrumentenkörper dergestalt mittheilen, daß die Schallwellen von Saite, Resonanzboden und Körper sich nicht zu sehr zerstreuen, nach verschiedenen Richtungen ausgehen können, sondern vielmehr in einer steten und constanten Beziehung zu einander verbleiben.

Die Mittel, wie diese drei Bedingungen erfüllt werden können und müssen, sind folgende.

Es ist ein bisher noch wenig beachtetes Gesetz, daß ein Resonanzboden gerade an dem Punkte von einem schwingenden Körper am stärksten zum Tönen gebracht wird, der in Beziehung auf den ganzen Körper der unbeweglichste ist, ohne seine Verbindung mit dem ganzen tönenden Gehäuse zu verlieren; und doch besteht das Gesetz und wird sein Zweck erfahrungsgemäß zu erzielen gesucht durch die sogenannten Seelen oder Rippen, welche unter flache Resonanzboden und zwar quer über die sogenannten Jahre geleimt werden und geleimt werden müssen. Man kann sich von der Richtigkeit dieses Satzes leicht durch eine Stimmgabel überzeugen: je

entfernter nämlich die schwingende Gabel von der Seele eines flachen Resonanzbodens mit ihrem Stiele auf diesen aufgesetzt wird, je beweglicher also die Fläche des Bodens ist und weniger Molecule haltend, desto schwächer ist auch der erscheinende Ton; je näher dagegen die Gabel einer Seele oder Rippe rückt, desto stärker, lauter auch wird der Ton und nimmt darin zu, bis man die Gabel geradezu auf den Steg und namentlich auf den Punkt desselben stellt, von wo aus derselbe in seinen Bewegungen gewissermaßen den ganzen Resonanzboden beherrscht und somit zugleich die festesten Stützpunkte unter sich hat, die ihn mittelbar in Verbindung mit dem ganzen Instrumentenkörper setzen. Erklärt sich doch hieraus auch, was einige Akustiker für eine sogenannte Polarisation des Schalles ausgeben wollen, indem sie nämlich nicht bemerken, daß jeder Leiter, der die Schwingungen eines Körpers auf den andern übertragen soll, so wenig als möglich in der Art beweglich seyn darf, daß er, als Ganzes, dem als Ganzes schwingenden Körper nachgeben kann, weil sonst gerade diese Totalbewegung verhindern würde, daß die Molecularschwingungen des tonerregenden Körpers die innere Molecule des Leiters gehörig erschüttern. Bringt man den Stiel einer schwingenden Stimmgabel rechtwinkelig auf einen vertical freistehenden Leiter, so wird, da sich der Stiel und die Molecule des Stiels immer in der Bahn der schwingenden Zinken der Gabel bewegen und bewegen müssen, auch der freistehende Leiter in dieser Richtung bewegt werden. Macht demnach die Ebene der Schwingungsbahn der Zinken mit der Richtung des Leiters einen rechten Winkel, so wird auch der Leiter in dieser Richtung und mit der Ebene des Resonanzbodens parallel bewegt werden. Er kann also auf den Resonanzboden vertical nur sehr schwach wirken. Liegt hingegen die Ebene der Schwingungsbahn der Zinken in der Richtung des Leiters, also vertical auf der Ebene des Resonanzbodens, so wird

auch die Wirkung oder der Stoß des Leiters auf den Resonanzboden die größte, nämlich die senkrechte seyn. Hätte man obiges Gesetz der Unbeweglichkeit jedes tönenden Körpers als Ganzes gekannt, so hätten die Anhänger der Lehre von einer Polarisation des Schalles ihren Leiter nur gehörig befestigen dürfen und alle Polarisation des Tones wäre sofort weggefallen; aber sie hätten auch nur, um zu gleichem Resultate zu gelangen, auf die praktische Instrumentenwelt zu achten brauchen, denn woher kommt es wohl, daß die Harfentöne weit schwächer und klangloser sind, als die eines Claviers? — In der Verschiedenheit des Saitenstoffs und der Spannung der Saiten liegt der Grund davon nicht allein, sondern und hauptsächlich auch darin, daß bei der Harfe die Saiten senkrecht einen Winkel, wenn auch spitzen Winkel zu dem Resonanzboden beschreiben, während sie bei den Clavieren horizontal über (oder unter) demselben liegen und mittelst des Stegs vertical auf denselben wirken. Je spitzer also jener Saitenwinkel bei den Harfen gemacht werden kann und je mehr vertical hier bei den Clavieren und Lauteninstrumenten die Ebene der Schwingungsbahn der Saiten auf der Ebene des Resonanzbodens ruht, desto stärker, voller, klangreicher unstreitig auch der Ton. Man versuche zu weiterem Beweise doch auch nur, und setze das eine Ende eines hölzernen cylindrischen Leiters auf den Steg eines Pianoforte, etwa dahin, wo die Saiten des zweigestrichenen a und b liegen, und lege nun auf das obere Ende des Leiters den gerade bis dahin reichenden Deckel des Instruments, so wird der Ton, man mag die rechtwinklig an den Leiter angesetzte schwingende Stimmgabel drehen wie man will, immer der nämliche bleiben, d. h. von gleicher Stärke ꝛc.

§. 10.
Fortsetzung.

Ein anderes Mittel, die Transversal- und Longitudinalschwingungen eines Resonanzbodens zu verhüten und dadurch seine und des ganzen Instruments Molecule mehr zu bekräftigen, wäre, wenn man, von den wahren Grundsätzen geleitet, von der bisher blos durch Erfahrung ausgemittelten, kisten- und schachtelförmigen Gestalt der meisten Saiteninstrumente und namentlich ihrer Resonanzböden abgehen wollte oder könnte. Bei Clavierinstrumenten nämlich dürfte dies freilich mit mancherlei großen, kaum zu überwindenden Schwierigkeiten verbunden seyn; doch bei Harfen, Guitarren und allen lautenartigen Instrumenten sicher nicht, wo man alsdann, wie die Geigen beweisen, vielleicht Instrumente construiren könnte, die bei der Hälfte ihres jetzigen Umfangs wohl das Doppelte und Dreifache an Tonkraft und Klangfülle leisteten. Indem bei den Geigeninstrumenten nämlich, deren Bauart ein höchst glücklicher Erfund genannt werden muß, der Resonanzboden muschelförmig ausgestochen wird, so daß die Jahre des Holzes nur ganz kurz in ihrer Linie fortlaufen, ist auch gar keine Möglichkeit mehr vorhanden, daß er transversale oder longitudinale Schwingungen als ein Ganzes macht, sondern kann und muß nur seine Molecule schwingen, und man irrt sich, wenn man noch ferner glauben möchte, die enorme Kraft dieser Instrumente beruhe noch auf etwas Anderem, als eben nur auf dieser Construction des Resonanzbodens und ihres ganzen Körpers. Der französische Akustiker Savart schlug einmal vor, viereckige Geigen mit geraden F-Löchern zu verfertigen: es geschah, aber was erhielt man? — eine schnarrende Schachtel, denn selbst die Form der F-Löcher bewirkt durch ihr Abschneiden der Jahre des Holzes

und ihr entsprechendes gleichzeitiges Vereinigen der äußern und innern Luft über sofort den gesammten Raum des Instrumentenkörpers eine blos moleculare Schwingung des Resonanzbodens auch an seinen ebensten Stellen und eben dadurch jenen glänzenden, schmelzenden, fließenden, schwellenden, weichen Ton, durch welchen die Geigen sich vor allen andern Saiteninstrumenten, die durch Stöße in Vibration gesetzt werden, auszeichnen. Auch die sogenannte Stimme oder der Stimmstock dieser Instrumente ist nichts Anderes als nur eine Krücke, die durch ihre versuchsweise ausgemittelte Stelle die Verschiedenheit der Spannung und Schwingung der Saiten und Töne ausgleicht, wie zugleich das Mittel, das die von den Saiten durch den Steg empfangenen Schwingungen des Resonanzbodens auch in den untern Boden und so durch das ganze Instrument fortpflanzt, also dasselbe, was in Clavierinstrumenten die Leisten und Balken sind, auf denen der Resonanzboden ruht.

Bei letzteren, den Clavierinstrumenten, insbesondere besteht ein ferneres Mittel, den Transversal-, überhaupt Totalschwingungen des Resonanzbodens zu begegnen, darin, daß man diesen so legt, daß die Jahre des Holzes eben so wenig mit der Länge als mit der Breite des ganzen Instrumentenkörpers gleich, sondern mit dem Stege gewissermaßen kreuzweis schreg laufen.

§. 11.

Fortsetzung.

Wenn aber blos die Molecule schwingen soll und überhaupt die Klangfähigkeit eines Resonanzbodens und ganzen Instrumentenkörpers hauptsächlich auf der innern Elasticität seines Stoffes, des Holzes, beruht, so setzt dies auch eine ungemeine Trockenheit auf Seiten des letztern voraus. Die

geringste Feuchtigkeit oder Fettigkeit, die das Holz durchdringt, oder auch Unterbrechung durch Aeste 2c. stört das Stoßsystem seiner Molecule, und bei den Instrumenten, bei welchen der Resonanzboden gefärbt werden soll, darf diese Färbung daher auch nur in einer ganz leichten lack= oder firnißartigen Auftragung, ganz dünnen Politur bestehen, die das Innere des Holzes durchaus nicht angreift; am liebsten und sichersten aber unterläßt man alle Färbung. Wie manches gute Instrument ist schon blos dadurch verdorben, daß man meinte, den Resonanzboden fürs Auge verschönern zu müssen, — wie manche Geige, Guitarre, Harfe 2c.! — Das Schallloch, das die Lauteninstrumente haben müssen, um der im Innern ihres Körpers vibrirenden Luft einen tonverstärkenden Ausgang zu gestatten, und das hier dasselbe ist, was die sogenannten F-Löcher bei den Geigen, — dieses Schallloch bringt eine solche Störung nicht hervor, außer es müßte zu groß, d. h. so groß gemacht seyn, daß es den Zusammenhang des zunächst vibrirenden Theils des Resonanzbodens ganz und gar unterbräche.

Eben deshalb giebt auch ein mager gewachsener astloser Fichtenbaum das passendste Holz zu Resonanzboden, und wird auch zu dem übrigen Körper aller Saiteninstrumente immer am besten solches Holz gewählt, das sich ebenfalls durch innere Elasticität und somit die meiste Klangfähigkeit, also durch specifisches Gewicht auszeichnet: so zu den Kästen der Clavierinstrumente am passendsten ein gut mit Mahagoni=, Nußbaum=, Pflaumenbaum=, Kirschbaum= oder Eibenholz fournirtes starkes Tannenholz, und zu den Böden von Geigen= und Lauteninstrumenten am passendsten Ahorn=, Weißbüchen=, auch Mahagoni=, zu ihren Griffbretten 2c. Ebenholz. Erlen=, Ulmen=, Weiden=, Birken=, Linden= und der Art Holz taugt zu keinerlei Instrumenten, weil es zu wenig specifisches Gewicht und somit zu wenig innere Elasticität oder Tonfä=

higkeit hat. Zwar versuchten englische Instrumentenmacher sogar einmal, Resonanzböden von pergamentartig gearbeitetem Rindsleder zu verfertigen, das sie auf eigenen Lederspaltmaschienen zerschnitten, um Resonanzböden zu gewinnen, die aus Einem Stück bestehen und so in ihrer Molecule durchaus gleichartig seyen; aber sie dachten nicht daran, daß es bezüglich der Tonfähigkeit eines Körpers nicht blos auf eine solche Gleichartigkeit, sondern auch und hauptsächlich auf eine genügende Masse von Molecule und deren Elasticität ankommt, mußten daher bald wieder zu dem alten festeren Fichtenholze zurückkehren.

Eine andere Frage dagegen wäre, ob, da der Resonanzboden als der eigentliche tongebende Körper bei Saiteninstrumenten erscheint, nicht durch den Bau von zwei solcher Böden an einem Instrumente der Ton bedeutend verstärkt werden könnte? — Wir zweifeln, — denn kommt der Ton aus dem durch die Schwingung der Saiten in gleiche Bewegung gesetzten ganzen Instrumentenkörper, und ist der Resonanzboden streng genommen nichts Anderes als der Empfänger und Fortleiter der tönenden Schwingung über und durch den ganzen Instrumentenkörper, so läßt sich nicht absehen, was ein zweiter Resonanzboden, ein zweiter solcher Leiter für Nutzen bringen könnte. Ja weit eher noch dürfte er nachtheilig auf die Tonwirkung influiren; denn allerdings tönt der Resonanzboden, nicht die Saite, aber der Ton entsteht erst durch sein Zurückwerfen der Schallwellen durch seine Schwingung, und so läßt ein doppeltes solches Zurückwerfen eher Undeutlichkeit und Unklarheit im Tone befürchten, als das vermehrte Gegentheil hoffen. Indeß mögen denkende Instrumentenmacher einmal Versuche anstellen, und der Erfolg wird ja dann lehren, was das Beste ist.

§. 12.

Die Blasinstrumente.

Die Lehre vom Bau der Blasinstrumente, insbesondere der Orgeln, ist bis jetzt immer das fruchtbarste Feld der praktischen Akustik gewesen, und daher konnten wir auch im ersten Theile dieses Buchs jederzeit so genügende Erklärung geben, wo es darauf ankam, die tönende Wirkung einer schwingenden Luftsäule zu erforschen. Eine solche Luftsäule nämlich, eingeschlossen in eine Röhre, ist der einzig tongebende Körper bei allen Blasinstrumenten.

Doch so gewiß wir demnach unsere diesseitige Betrachtung kurzweg auf Wiederholung dessen beschränken dürfen, was schon am angeführten Orte, im ersten theoretischen Theile dieses Buchs, über die Luftsäule als tongebenden Körper nach Maßgabe ihrer allseitigsten Betrachtung vorgetragen wurde, indem sich nicht allein diese Gesetze der Theorie jederzeit beim praktischen Gebrauche bewährt haben, sondern indem sich eben deshalb auch durch die Zusammenstellung dieser Gesetze ganz von selbst eine eigentliche praktische Lehre vom Bau der mit Luftsäulen wirkenden Musikinstrumente ergiebt, — eben so gewiß ist doch dieser Gebrauch auch immer noch sehr beschränkt, weil die meisten Schwingungsgesetze der Luft in Blasinstrumenten und Orgelpfeifen nur durch Approximation und noch keineswegs ganz genau uns bekannt sind. Wo daher die Theorie allenfalls noch nicht ausreichte, mußte das Genauere bis jetzt immer noch unmittelbar blos durch die Erfahrung ermittelt werden. Freilich war die Folge davon, daß sich die Lehre vom Blasinstrumenten-Bau um so sicherer, verlässiger gestaltete, sonach auch immer weiter sich ausbildete; indeß kann doch auch nicht geläugnet werden, daß eben deshalb die äußersten Gränzen dieser Ausbildung sich werden um so langsamer erreichen lassen.

§. 13.

Clavicylinder oder Reibinstrumente.

Anders verhält es sich wieder mit den Clavicylindern oder denjenigen Instrumenten, bei welchen die tongebenden Schwingungen durch Reiben des entweder selbsttönenden oder tonbewirkenden Körpers erzeugt werden, und bei welchen dieser Körper ein durch innere Steifigkeit elastischer ist. Die Lehre vom Bau dieser Instrumentengattung nämlich ist schon von Chladni, ihrem Erfinder, der den Instrumenten dieser Art auch den Namen Clavicylinder gab, so sehr begründet und akustisch entziffert worden, daß sie bis auf den heutigen Tag als der wissenschaftlich ausgebildetste Theil der gesammten praktischen Akustik dasteht, ungeachtet zu Chladnis schon im Jahre 1821 darüber publicirten Arbeiten seitdem nichts Wesentliches mehr hinzugefügt wurde.

Zwar wurden auch vor Chladni schon einige Versuche gemacht, Instrumente aus durch innere Steifigkeit elastischen Körpern darzustellen, wie z. B. mit Stimmgabeln oder Stäben (Eisenvioline), mit Glasglocken (Harmonica) ꝛc.; allein Chladni ist der Erste gewesen, der durch Vereinigung mehrerer genialer Ideen und durch consequente Durchführung mehrerer großer Versuchsreihen diese Instrumente zur Vollendung zu bringen, d. h. ihnen alle Vorzüge, deren sie ihrer Natur nach fähig sind, zu ertheilen gestrebt hat. Viele Instrumente, die in neuerer Zeit Beifall gefunden haben, z. B. Buschmanns Terpodion, Kaufmanns Harmonichord ꝛc., sind auch nichts Anderes, als nur etwas anders construirte oder combinirte Chladnische Clavicylinder; und eben so gewiß lassen sich noch viele andere Gattungen von Instrumenten, in denen durch innere Steifigkeit elastische Körper tönen, darstellen; indeß was die wissenschaftliche Entwickelung der Lehre vom

Instrumentenbau anbelangt, kommt es nur auf die einfachsten und vollkommensten Constructionsweisen an, als welche allein die wirklich so genannten Clavicylinder zu erachten sind, hinter denen selbst die Harmonica in sehr wesentlichen Punkten weit zurücksteht, und so brauchen wir denn auch nur noch eine etwas genauere Beschreibung von dem Chladnischen Clavicylinder zu geben, um, im Zusammenhange mit der im ersten Theile gegebenen Lehre von den durch Stäbe erzeugten Tönen, sofort auch eine vollständige Anweisung zum Baue der hieher gehörigen Instrumente, wenigstens ihren akustischen Grundprincipien nach, zu haben.

§. 14.

Fortsetzung.

Zu dem Ende war Anfangs unsere Absicht, einen wörtlichen Auszug aus den Schriften zu geben, welche der oft erwähnte Meister Chladni über den Gegenstand hinterlassen hat; allein reiflichere Ueberlegung hat uns doch zu der Ueberzeugung gebracht, daß wir dadurch zu weitläuftig werden würden, und wir verweisen daher nur kurzweg auf jene Schriften und geben dann ein kurzes Resumé über das Ganze.

Jene Schriften sind: „Beiträge zur praktischen Akustik" (Leipzig bei Breitkopf und Härtel 1821), und dann die Fortsetzungen derselben in der Leipziger Allgemeinen musikalischen Zeitung, Jahrgang 1822, Nr. 49 ff., und Jahrgang 1824, Nr. 51 ff. Man findet darin eine vollständige theoretisch-praktische Anleitung zum Bau von Clavicylinder-Instrumenten, und was wir zu dem Zwecke, d. h. vorläufiger Orientirung über den Gegenstand, hier noch zu sagen für nöthig erachten, fassen wir kurz in Folgendem zusammen.

Clavicylinder sind Instrumente, und alle solche

Instrumente, bei denen die Töne durch Reibung solcher Körper erzeugt werden, welche durch innere Steifigkeit elastisch sind, also Instrumente mit Klangstäben, die durch Reibung in Vibration gesetzt werden, einerlei ob die Reibung unmittelbar geschieht oder ob die durch sie bewirkte Schwingung erst mittelbar, d. h. durch Streichstäbe den eigentlichen Klangstäben mitgetheilt wird.

Der Instrumente dieser Art, welche Chladni, ihr Erfinder, selbst baute, waren zwei: das erste nannte er wirklich Clavicylinder, das zweite Euphon. Bei dem erstern werden die Töne mit Glas aus Glas gezogen, indem Glasstäbe durch einen mittelst einer Kurbel in Bewegung gesetzten Cylinder, der ebenfalls mit Glas bedeckt ist, gerieben und zu dem Ende jene Stäbe mittelst Tasten an den Cylinder angedrückt werden; bei dem zweiten werden die klingenden Körper, die ebenfalls aus Glasstäben bestehen, vermittelst eines daran befestigten Streichstabes, der mit den Fingern der Länge nach gerieben wird, in die zum Klingen nöthige zitternde Bewegung gesetzt. Sowohl zum Clavicylinder also als zum Euphon gehören Stäbe, und es können dieselben eben sowohl gerade als verschiedenartig gekrümmte seyn, einerlei auch aus welchem Stoffe bestehen, Metall, Holz, Glas 2c. Chladni nahm Glas. Eine zweite Bedingung ist, daß die Stäbe nicht durch Schlag, sondern durch Reibung in Vibration gesetzt werden, und entweder unmittelbar durch eine schwingende Walze oder mittelbar durch noch andere eigentliche Streichstäbe, die mit den Fingern gerieben werden. Im erstern Falle stehen natürlich die Klangstäbe mit Tasten in Verbindung, welche jene an die reibende Walze andrücken. Damit die Reibung eine desto wirksamere ist, muß die Walze mit einem beharzten Stoffe überzogen und müssen die Finger ebenfalls naß oder klebrig seyn. Jedenfalls hängt Stärke und Schwäche des Tones von der Heftigkeit der Reibung ab, und da diese bedingt

wird von dem Drucke des reibenden Körpers, so können auf dieser Art Instrumenten die Töne vom feinsten piano bis zum äußersten forte durch alle Schwingungen hindurch verstärkt und umgekehrt geschwächt werden. Dabei theilt sich die Empfindung des Spielenden unmittelbar, ohne Dazwischenkunft eines andern Mechanismus, den klingenden Körpern durch die Berührung der Finger mit, und es kann also auf dieserartigen Instrumenten auch eine Musik mit dem höchsten, seelenvollsten, weil unmittelbarsten Ausdrucke erzielt werden. In dieser Beziehung leisten jedoch, wegen der größeren Unmittelbarkeit der Berührung, die nach Euphon-Art gebauten Instrumente noch mehr als die nach Clavicylinder-Art gebauten, dagegen sind diese, wegen ihres Tastenmechanismus, in praktisch-musikalischer Hinsicht vollkommener, produktiver. Die Töne sind, weil kein Stoß, kein Schlag, Nichts ihre Schwingungen stört oder markirt, je nach dem gewählten Stoffe der Stäbe immer sehr weich, einschmeichelnd, ja ätherisch, und, weil die Schwingungsknoten der Stäbe sich von selbst, in Folge ihrer ganz freien Thätigkeit durchaus natürlich bilden, auch immer glockenrein, wie die Flageolettöne und Combinationstöne auf andern Instrumenten. Daher die Thatsache, daß eine Musik auf dieserartigen Instrumenten immer tief in unser ganzes Nervensystem einschneidet und nervenschwache Personen sie auch selten lange ertragen können.

§. 15.

Fortsetzung.

Da die Stäbe nicht an und für sich den Ton geben können, so mußte dieser natürlich durch die Bauart des Instruments gefunden werden, womit sich Chladni anderthalb Jahre lang so eifrig beschäftigte, daß er nicht selten selbst im Traume davon die lebhaftesten Vorstellungen hatte.

Jene Bauart nun war zuerst in der Gestalt eines Schreibpults, später ward sie tischförmig oder nahm die Gestalt eines viereckigen Kastens an, wobei der Resonanzboden aber nicht senkrecht, wie bei unseren sogenannten Pianino's, sondern horizontal, und die übrigen mechanischen Vorrichtungen nicht hinter, sondern unter den Glas- oder überhaupt Klangstäben angebracht waren. Das Wesentlichste der ganzen Erfindung indessen ist und bleibt immer die Verwirklichung der Idee, einen klingenden Körper, der transversale Schwingungen macht, durch longitudinales Streichen entweder seiner selbst oder eines daran in der Quere angebrachten Stabes in Bewegung zu setzen. Die beste Gestalt der Streichstäbe ist die cylindrische. Jeder Ton hat einen eigenen gläsernen Cylinder, der Thermometer-Röhren ähnlich ist, 17 bis 18 Zoll lang, etwa von der Dicke eines Federkiels. Die Cylinder liegen in gleicher Entfernung von einander, so daß eine nicht zu kleine Hand gut eine Octave umspannen kann. Der ganze Tonumfang betrug bei Chladni drei und eine halbe Octave, nämlich von c bis dreigestrichen f. Später ging er auch bis F hinab, und noch größere Erweiterungen unterliegen keinen Schwierigkeiten.

Drittes Kapitel.

Architektur
oder
Anwendung der Grundlehren der Akustik auf den Bau von Theatern, Concertsälen und Kirchen.

§. 1.
Theaterbau.

Verfolgen wir die Geschichte der dramatischen Kunst, so finden wir deren erste Anfänge endlich sich in dem grauesten Alterthume verlieren. So früh hatte man nun zwar noch keine eigentlichen Theater oder Gebäude, die ausdrücklich dazu bestimmt gewesen wären, Schauspiele oder was dergleichen darin aufzuführen. Doch liegt auch deren Ursprung jedenfalls noch in der vorchristlichen Zeit, da erweislicher Maßen schon bei den Griechen und noch mehr bei den Römern fast jede Stadt, selbst solche von minderer Bedeutung, ihr eigenes Theater, und große Städte dergleichen Gebäude häufig sogar in Mehrzahl hatten. Demnach scheint denn auch die Kunst des Theaterbaues eine bereits sehr alte zu seyn, und wenn dem so wäre, so hätten wir ein Recht, über die Seltenheit zu erstaunen, in der es unsern Herren Architekten, und selbst den anerkannt größten Meistern unter denselben, glückt, ein Gebäude

der Art aufzurichten und herzustellen, das sowohl in seinem Aeußern als in seinem Innern allen Anforderungen entspricht, welche von Seiten der Kunst und den Bedürfnissen der Zuschauer an dasselbe gestellt werden müssen. Doch ist dem nicht so, vielmehr ist unsere heutige Theaterbaukunst weit jünger, indem in Folge der Veränderungen von Zeiten und Sitten, namentlich aber in Folge der Veränderungen, welche in Mitten der Darstellungskunst und ihrer Mittel selbst vorgegangen, die modernen Theater sich wesentlich von denen der Alten unterscheiden und auch nothwendig zu unterscheiden haben. So waren die Theater der Alten immer Steinbau, massiv, und ohne Dach, während die Neueren in Folge der erwähnten veränderten Umstände dieselben meist aus Holz und unter einem förmlichen Dache aufrichten mußten und bis auf höchstens die äußerste Umkleidung auch noch müssen. Eben so hatten bei den Alten die Vorstellungen stets bei Tage statt, während wir sie des Abends bei Licht und Lampenschein geben ꝛc.

Ihrem Aeußern nach nun bilden die Theater meist ein längliches Viereck, und ihre Hauptfacaden sind gewöhnlich mit Basreliefs, Säulen, passenden Bildsäulen und dergleichen mehr geschmückt. Doch das, dieses Aeußere eines solchen Gebäudes, kann uns hier nicht angehen, sondern wir, die wir untersuchen wollen, wie ein Theater eingerichtet seyn muß, wenn der darin erzeugte Ton oder Schall die höchst mögliche Wirkung hervorbringen soll, haben es allein mit dem Innern desselben zu thun.

Dieses Innere besteht, seiner Hauptsache nach und im Allgemeinen angeschaut, aus einem großen Saale, wo die Zuschauer und Zuhörer sitzen, und aus einer unmittelbar damit verbundenen und mit ihm ein Ganzes bildenden, etwas erhöhten Bühne oder Scene, wo die Darstellungen der Schauspieler, Sänger ꝛc. stattfinden, und nun beide, Saal und Scene,

so zu bauen, daß allen Anforderungen, die an ihre Construction gemacht werden müssen, entsprochen wird, ist sehr schwer. Es gehört nämlich dazu, nicht blos daß wenigstens der größere Theil der Bühne von allen Zuschauern gut gesehen werden kann, daß die Zugänge zu dem Ganzen und zu den einzelnen Theilen bequem und breit sind, namentlich um bei Feuersgefahr allen im Hause Gegenwärtigen einen schnellen Ausgang zu gewähren, daß die Bühne mit dem Raume für die Zuschauer und mit den Aufgaben und Bedürfnissen der verschiedenen Productionen in einem entsprechenden Verhältnisse steht ꝛc. ꝛc., sondern und insbesondere auch, daß die Stimme der Schauspieler und Sänger überall, im ganzen Saale, gut gehört, ohne alle Beimischung von Hall, Echo und dergl. vernommen, ja sogar auch auf Seiten der Schauspieler und Sänger allen Arten von Modulationen und Modificationen ohne besondere Anstrengung und ohne auf Kosten der leichten Vernehmbarkeit unterworfen werden kann, — und das zu erreichen, ist in der That sehr schwer, wie die Thatsache beweis't, daß es bis heute nur erst sehr wenigen Baumeistern gelungen.

§. 2.

Fortsetzung.

Früher wählte man, um allen den genannten Anforderungen zu entsprechen, nach dem Vorgange der Alten gewöhnlich den Halbkreis für die Gesammtform des Theaters. Indeß so gewiß die Gestalt der schalltragenden oder schallleitenden Lufttheile, die Schallwelle als solche, darauf hinweis't, daß eine gerundete Form des Locals, in welchem Töne erzeugt und sogar als Mittel zu künstlerischen Darstellungen gebraucht werden, die passendste für gleichmäßige Ausbreitung und Wirksamkeit dieser Töne seyn muß, eben so gewiß ist der Bogen eines Kreises doch auch wieder zu scharf und in anderer Beziehung

so zu sagen zu unendlich, als daß er nicht auf die Welle des Schalles störend einwirken müßte, uneingedenk noch des akustischen Gesetzes, wornach Töne, zu künstlerischen Darstellungen bestimmt, nothwendig ein bestimmtes Ziel haben müssen, bis zu welchem sie reichen und von welchem sie dann in derselben Richtung, in welcher sie gekommen sind, zu ihrer eigenen Verstärkung zurückgeworfen werden, und gekreiste Wandungen nun eine solche geregelte Zurückwerfung, eben ihrer Kreisform wegen, niemals mit Sicherheit bewirken können. Neuerer Zeit that man daher ganz recht, wenn man für die Gesammtgestalt eines Theaters die Kreisform aufgab und statt solcher ein Oval wählte. Nur kommt es wieder sehr auf das Verhältniß dieses Ovals des eigentlichen Saales zu der Bühne an. Die Einen legen es so an, daß sein Längendurchmesser mit der Bühnenfronte parallel läuft, Andere so, daß sein Breitendurchmesser mit der Bühne parallel läuft, diese also einen Theil davon abschneidet, so daß der Focus des Ovals in das sogenannte Proscenium fällt. Es mag seyn, daß durch die erste Art der Anlage die Seitenlogen hinsichtlich der bequemen und vollen Aussicht auf die Bühne etwas denen der zweiten Anlage nachstehen: nicht allein aber daß die Mittellogen auch in dieser Hinsicht sehr gewinnen, sondern in akustischer Hinsicht ist jedenfalls die erste Anlage der zweiten bei Weitem vorzuziehen, und zwar aus folgenden sehr triftigen Gründen.

Jeder Schall oder Ton, der in einem geschlossenen Raume erzeugt wird, dehnt sich unmittelbar nach seiner Erscheinung zunächst der Breite und Höhe nach in dem ganzen Raume aus und wird erst dann in der Form von Luftwellen weiter fort bis an das seinem Erscheinungspunkte entgegengesetzte Ende des Raumes getragen, um von da endlich der Art zurückgeworfen zu werden, daß sich die verschiedenen, den ganzen Raum erfüllenden Schallwellen durchkreuzen und so die Wirkung des Tones wesentlich verstärken. Ist nun der Saal

eines Theaters ein sogenannt angewalztes, d. h. ein solches Oval, dessen Längendurchmesser mit der eigentlichen Bühne parallel läuft, so wird nicht allein der gerundete Einschluß des Raumes das Fortrollen des tönenden Wellenstroms überhaupt erleichtern und gleichmäßig erhalten, sondern wird auch die der Breite nach gegenüber liegende Wand den Tonstrom dergestalt gleichmäßig zurückwerfen, daß alle Hörer im Hause sowohl den ersten Tonstrahl als den Reflex desselben in immer ziemlich gleicher Richtung empfangen und demnach niemals eine Wirkung wie Hall, Nachhall oder dergl., auch niemals die Wirkung eines verschiedenen Maßes der Tonstärke bei sonst gleicher Erzeugungskraft verspüren. Anders hingegen verhält es sich, und zwar in allen diesen Punkten, wenn das Oval ein sogenannt angestoßenes, d. h. ein solches ist, dessen Breitedurchmesser mit der Bühne parallel läuft. Allerdings wird in solchem Falle die erste Tonerscheinung immer eine kräftigere, massigere seyn, weil der Breiteraum, durch den sich dieselbe zunächst ausdehnt, begreiflich jetzt ein weit engerer ist; allein indem das zurückwerfende Schallziel nunmehr blos der gegenüberstehende Focus des Ovals ist, also alle Schallwellen sich in demselben concentriren, so wird auch die Zurückwerfung derselben zunächst nur in der Linie dieses Focus geschehen, und werden somit alle außerhalb dieser Linie sitzenden Zuhörer den Tonreflex erst nach geschehener Durchkreuzung der Schallwellen empfangen, dadurch aber immer auch eine Art von Hall, Nachhall oder gar Verdumpfung des Klanges empfinden. Dazu kommt, daß bei einer solchen Construction des Hauses als Längenoval der Saal niemals sehr groß gebaut werden kann, weil sonst der Raum vom Erzeugungspunkte des Tones bis dahin, von wo die Schallwellen zurückgeworfen werden, immer ein zu großer, langer, weiter seyn würde, als daß auch die zurückgeworfene Welle noch in demselben Augenblicke an das Ohr aller Zuhörer anschlagen

könnte, wo diese den ersten ursprünglichen Tonstrahl empfinden, und ist dies, ein solches gleichzeitiges Begegnen der sich durchkreuzenden Tonwellen vor dem Ohre des Hörers, nicht der Fall, so entsteht immer ein Nachhall, woher es kommt, daß in großen, langen Theatern Diejenigen, welche dem Orchester zunächst sitzen, wegen ihrer weiten Entfernung vom Rückschlagspunkte immer die Wirkung eines unklaren Tongewirrs im Ohre empfinden. Man vergleiche die Lehre vom Echo ꝛc. in §. 6 des ersten Capitels des ersten theoretischen Theils.

§. 3.

Fortsetzung.

Freilich können auch in der Form, wo der Längendurchmesser des ovalen Saals mit der Bühne parallel läuft, nur Theater mittlerer Größe gebaut werden, weil andern Falls Bühne und Orchester zu breit werden würden, als daß die aus ihnen hervortretenden darstellenden Tonmittel noch ohne merklichen Verlust an Kraft den Raum, den sie zunächst auszufüllen haben, ausfüllen könnten, und wie sich nun helfen, wenn gleichwohl der Saal eine außergewöhnlich große Menge von Zuhörern fassen soll? —

Viele construiren ein Theater alsdann so, daß der eigentliche Saal zwar ein Oval oder auch einen offen abgeschnittenen und dann noch mit einem geradlaufenden oder ausgeschweiften Ansatz versehenen Kreis bildet, aber ungleich weiter und größer als die Bühne selbst ist, so daß diese gewissermaßen einem Schauzimmer gleicht, dessen Wände vorstehen und dessen Quadrat demnach in die Mitte des Saalkreises einpaßt. Allein nicht blos daß bei einer solchen Construction die Seitenlogen sämmtlich an der freien Aussicht auf die Bühne bedeutend verlieren, sondern auch in ausschließlich akustischer Hinsicht ist dieselbe durchaus und unbedingt falsch, weil für den

größten Theil des Auditoriums hinsichtlich der Wahrnehmung der auf der Bühne erzeugten Klänge sehr nachtheilig. Zwar stehen die Sänger und Schauspieler bei ihren Vorträgen meist ganz vorn im sogenannten Proscenium, dennoch wird die größere Beengung des Raumes, wo die Töne zunächst erzeugt werden, diese immer auch vorerst blos in gleicher Weite, in einem gleichen Umfange von Schallwellen fortströmen und somit sie den außerhalb dieses Raumes befindlichen Zuhörern, also allen jenen in den Seitenlogen, nur in der Kraft zukommen lassen, welche der Tonreflex an und für sich zu geben im Stande ist. Mit andern Worten: die in der Mitte des Saales befindlichen Personen vernehmen die Töne alsdann ungleich stärker, weil unmittelbarer, als die an den Seiten befindlichen, denen dieselben wie aus einem Sacke kommend erscheinen, — und das ist ein großer Fehler. Oder erweitert sich die Bühne in solchem Falle vorn dermaßen konisch, daß die Schallwellen nach ihrem Austreten aus dem engern Productionsraume sofort sich auch durch die ganze Breite des Saales auszudehnen vermögen, so leiden jedenfalls wieder die Mittellogen, und beschreiben auch die äußersten Schallwellen bis zu ihrer tonverstärkenden Durchkreuzung und über diese hinaus einen so weiten Kreisraum, daß an den meisten Stellen ein sehr störender Hall, Nachhall ꝛc. unverhinderlich entstehen muß. Daher die Vielen so unerklärlich scheinende Thatsache, daß in solcher Gestalt gebauten Häusern selbst die blos gelispelten Töne des Souffleurs oft an den entferntesten Punkten wenn nicht besser, so doch eben so deutlich, nur etwas später vernommen werden, als auf der Bühne selbst: die im Kreislauf in den Saal getriebene Sprachwelle durchkreuzt sich dort, verstärkt sich hiedurch daselbst bis zu abermaliger Wahrnehmbarkeit, und zwar in einem solch spätern Augenblicke, daß diese Wahrnehmbarkeit nicht mehr durch den ersten ursprünglichen Tonstrahl als Nachhall unterdrückt werden kann.

Andere verfahren daher in solchem Falle viel richtiger, wenn sie dem gesammten innern Theater geradezu die Gestalt eines Zirkels geben, von welchem die Bühne einen solchen Theil abschneidet, daß der Sänger oder Redner, wenn er auf dem Proscenium steht, ungefähr noch 17 bis 18 Schuh von dem Mittelpunkte des ganzen Zirkels entfernt ist, dabei nämlich immer 100 Schuh der Art als Maaß für den Durchmesser des ganzen Kreises angenommen, daß bei einer größeren oder geringeren Ausdehnung des Zirkels auch die Entfernung des Sängers oder Redners vom Mittelpunkte umgekehrt eine geringere oder größere, mit andern Worten auch der der Bühne zugewiesene Kreistheil ein größerer oder kleinerer seyn muß. Führen wir den Beweis. Ist die Länge des Raumes von dem Punkte des schallenden oder tonerzeugenden Körpers (von den Akustikern der phonische Punkt genannt) bis zu dem, wo die Schallwellen sich brechen und zurückgeworfen werden (dem phonokamptischen Punkt), nur so groß, daß während der Zurückwerfung der erste schallende Körper noch zu schwingen fortfährt, und zwar nach derselben Richtung, den die vorangegangenen Schwingungen nahmen, so begegnen sich diese neuen und die zurückgeworfenen Schallwellen (durchkreuzen sich) noch im Momente des Tones und verursachen dadurch eine Verstärkung in seiner Wahrnehmung; ist jener Raum aber so groß, daß der erste schallende Körper oder Ton schon zu schwingen aufgehört hat, wenn die Empfindung der zurückgeworfenen Schallwellen das Ohr des Hörers trifft, so entsteht ein Nachhall und dergl., der bei schneller Aufeinanderfolge von Tönen so sehr störend auf das ganze gegebene Tonbild einwirken kann, daß dadurch aller Ausdruck verloren geht. Nun haben aber die sorgfältigsten Beobachtungen bewiesen, einmal daß ein Ton oder Schall in einer einzigen Secunde einen Raum von 1080 Fuß durchfährt, und dann daß das menschliche Ohr in einer Secunde eine Reihe von

zehn verschiedenen Tönen wahrzunehmen im Stande ist. Der Raum von einem Sänger oder Redner auf der Bühne bis zu dem ihm entgegenstehenden Endpunkte des Saales, von wo die Schallwellen zurückgeworfen werden, und von da wieder zurück bis zu der ersten Zuhörerreihe, darf also nicht mehr als höchstens 108 bis 110 Fuß betragen, wenn überall und bei allen Arten von Tempi, in denen auf der Bühne gesungen, gesprochen oder gespielt wird, die Wahrnehmung der Töne durch keinerlei Hall oder Nachhall gestört werden soll, und es wird dieser Raum auch nicht mehr betragen, wenn — wie gesagt — bei 100 Fuß Durchmesser oder Längenmesser der Spieler, Sänger oder Redner stets 17 — 18 Fuß von dem Mittelpunkte zurückbleibt, denn alsdann sind von ihm bis zu dem phonokamptischen Punkte ungefähr noch 80 Schuh und von da zurück bis zu den Zuhörern nicht mehr als etwa 30, weil circa 50 Schuh von Orchester, Proscenium rc. weggenommen werden. Uebrigens kann man sich hieraus auch leicht erklären, warum die Sitze nächst Bühne und Orchester immer die weniger vortheilhaften sind. Daß aber kreisartige Formen immer die beste Form von Saal und Bühne in akustischer Hinsicht sind, ward oben schon nachgewiesen, und geht noch überzeugender daraus hervor, daß nur bei diesen Formen eine geregelte Brechung der Schallwellen möglich ist, während alle andere Formen, als längliche Vierecke, Hufeisen, Glocken rc., solche nie erzielen, vielmehr stets der Gefahr einer Zerstreuung, schiefer, eckiger Zurückwerfung der Schallwellen, und somit der Gefahr von Hallen, Nachhallen, Echo's oder Dumpfungen an diesem oder jenem Orte im Hause aussetzen.

§. 4.

Fortsetzung.

Bis dahin sprachen wir übrigens nur von der Gesammtform eines Theaters: von hoher akustischer Bedeutung ist nun aber auch sein innerer Ausbau, da, wie wir wissen, eine Tonerscheinung sowohl in qualitativer als quantitativer Hinsicht auch wesentlich bedingt wird von der Beschaffenheit derjenigen Körper, in oder an welchen der Ton unmittelbar oder mittelbar schwingt, welche seine Schwingungen in näherer oder weiterer Entfernung umgeben.

Und das Erste, was in der Beziehung sorgfältige Aufmerksamkeit verdient, ist die innere Bekleidung der den Saal umschließenden Wände. Dieselbe muß immer ein fester starker Bretterverschlag von altem, sehr trockenem Holze seyn, und namentlich wenn die Außenwand Mauerwerk ist, sollte der Verschlag auch stets wenigstens um einige Schuh oder Zoll davon abstehen, damit die Feuchtigkeiten des Gesteins nicht in den Saal dringen und die Luft darin erfüllen können. Je trockener und reiner nämlich die Luft in einem Locale, in welchem Töne erzeugt werden, um so reiner, regelmäßiger, leichter ꝛc. sind auch die Schwingungen und somit auch heller, präciser die Klänge derselben; und je glatter, elastischer die die Schallwellen zurückwerfende Wand, desto elastischer, gleichartiger die Resonanz, die immer nur vortheilhaft auf die Tonwirkung influirt. Um dieser Ursache willen darf nun aber auch der Raum zwischen der Bretterverkleidung und der äußeren Einfaßmauer nicht etwa mit Heu, Stroh oder dergl., wie schon häufig geschehen, ausgestopft, sondern derselbe muß wirklich hohl, leer seyn, weil sonst, was auf der einen Seite durch die Bretterwand gewonnen, auf der andern Seite wieder genommen wird. Zum Beweise stopfe man Heu, Stroh, Wolle oder was dergl. unter den Resonanzboden eines In-

struments, überhaupt in einen Instrumentenkörper, und man wird sich bald von der Wirkung überzeugen: das Haus eines Theaters aber ist gewissermaßen das Instrument, in welchem Töne erzeugt werden, und eben jener Bretterverschlag der Resonanzboden, von welchem die Tonschwingungen zu desto kräftigerer Wirkung zurückgeworfen werden.

Dann kommt die Höhe des Saales und die Einrichtung des dieselben begränzenden Plafonds in Betracht. Viele Architekten meinen, wenn sie ein Theater bauen, das viele Menschen fassen können soll, durch die Höhe und mehr Gallerien ersetzen zu dürfen, was sich an Umfang nicht erreichen ließ; allein der Nachtheile, deren man sich dadurch aussetzt, sind eben so viele als große. Nicht allein daß der Sehwinkel gerade der Bühne gegenüber von der obersten Gallerie bis auf diese nicht mehr als höchstens 45° betragen darf, sondern eine größere Höhe duldet auch der Ton nicht, wenn sich seine Schallwellen nicht schon zu sehr zerstreuen sollen, noch ehe sie eigentlich in den Saal treten; und was die Einrichtung des Plafonds betrifft, so darf dieser aus demselben Grunde nicht etwa gewölbt, sondern muß mit einer breiten Hohlkehle versehen und mit glatten Brettern ohne alle Bildhauereien und dergl., ausgeschalt seyn, damit Nichts die leichten luftigen Wellen in ihrem Strome stoßt, aufhält oder gar zurückwirft, außer die Molecule der resonirenden Masse. Eben deshalb ist auch falsch, den Plafond, wie man häufig findet, aus bemalter Leinwand zu bilden, welche durchaus keine Molecule besitzt, vielmehr als weiche bewegliche Masse die Schallwellen hemmt in ihrem Strome, und so immer ein späteres Zurücktreten derselben bewirkt, als selbst der Raum im Ganzen vermuthen lassen sollte. Woher man selbst in sonst gut eingerichteten Theatern mit solchen Plafonds häufig Echo's und dergl. an verschiedenen Stellen wahrnimmt.

Hiernach endlich sind, was den hier zunächst betrach-

teten inneren Ausbau des Saales insbesondere betrifft, noch auch diejenigen einzelnen Abtheilungen in Erwägung zu ziehen, in welche derselbe theils aus hergebrachter Sitte, theils um des wahren Bedürfnisses willen an und für sich wieder zerfällt.

§. 5.

Fortsetzung.

Die der Bühne nächste dieser einzelnen Abtheilungen ist das Orchester oder der für die Musiker (Capelle) bestimmte Raum, der in der Regel ein Sechstheil des ganzen Raumes vom Proscenium bis zu der Mittelloge einnimmt und von dem Zuschauerraume durch Barrieren getrennt ist. Um den Zuschauern im Parterre nicht die Aussicht auf die Bühne zu nehmen, liegt derselbe tiefer als jenes, hat aber einen ebenen Boden, der die Resonanz befördert, wenn er hohl ist, doch auch nur dann, wenn sonst seine Bauart sich durch Festigkeit auszeichnet, weil weniger feste Böden nicht blos in ihrer Molecule, sondern auch ihrer Länge nach mitvibriren und dadurch den Ton der Instrumente hohl und dumpf machen. In italienischen Theatern trifft man zur Beförderung der Resonanz und Tonstärke bei den Orchesterböden auch wohl die Einrichtung, daß eine wirkliche muldenförmige Aushöhlung darunter angelegt und an jedem Ende dieser Aushöhlung eine Röhre angebracht ist, die sich in der Vorscene öffnet; allein ich zweifle, ob eine solche Vorkehrung ihren Zweck wirklich erreicht, jedenfalls werden die der Röhre zunächst stehenden Instrumente auf der Bühne stärker gehört werden, als die andern, und dies kann für Sänger sehr störend seyn.

Nach dem Orchester folgen das Parket und dann das Parterre, die Beide um der freien Aussicht auf die Bühne

willen einen sich nach Hinten hebenden Boden haben, oder auch geradezu amphitheatralisch angelegt sind, ohne daß in akustischer Beziehung etwas Anderes noch darüber zu bemerken wäre, als daß die Logenreihe, welche häufig das Parterre hinten noch umgiebt, in der Regel sehr schädlich auf die freie Tondurchströmung des Hauses wirkt, indem hier die Schallwellen wie in einen Kessel fallen, aus dem sie oft in so verschiedenartigen Durchkreuzungen zurückgeworfen werden, daß nothwendig die empfindlichsten Unklarheiten 2c. in der Wahrnehmung im Parterre selbst dadurch entstehen müssen.

Wichtiger ist wieder die Einrichtung der zwei, drei, vier Logenreihen oder Logenkreise (Gallerien), die nun über dem Parterre an den Wänden des Hauses sich erheben. Vorn sind sämmtliche diese Logen oder Gallerien mit einer Brustwand versehen, und die Zwischenwände zwischen den einzelnen Logen haben entweder die Höhe der Brustwand, oder sie sind bis an die Decke der Logen geführt, damit die in den Logen befindlichen Personen weniger den Blicken Anderer ausgesetzt sind. Jedenfalls ist die letztere Einrichtung in akustischer Beziehung eben so gefährlich, als die, wornach die einzelnen Gallerien durch Säulenreihen getragen werden. Je freier, balkonartiger sich die einzelnen Gallerien an den Wänden hin erstrecken, desto besser für die Töne, weil alsdann Nichts die Schallwellen in ihrer freien Strömung hindert. Zudem können jene Säulen, namentlich wenn sie von Metall sind, ein solch störendes Mitklingen im Saale selbst bewirken, daß nirgends im ganzen Hause die auf und vor der Bühne erzeugte Musik wirklich vollkommen rein wahrgenommen wird. In Italien zwar und namentlich in den dortigen Opernhäusern sind die gänzlich getrennten Logen ganz gewöhnlich; aber als was betrachtet man dort auch die Theaterlogen? als verzierte Gemächer, wo die Familien, die sie gemiethet haben, sich Abends treffen, um zu conversiren, zu spielen, zu lachen, scherzen

und nur hie und da ein beliebtes Musikstück mit zur Unterhaltung anzuhören, wobei sie dann, wenn sie wirklich Etwas hören wollen, meist noch die Köpfe über die Brüstung hinwegstrecken müssen, um nicht wie der Fisch auf trockenem Lande zu athmen, an dem die Fluthen brausend vorüberströmen. Die Brustwände der Logen sind meistens verziert; aber auch darin fordert eine gute Akustik des Hauses die größte Sorgfalt. Alle Vorhänge und Draperien von wollenen oder dergl. Stoffen schaden der regelrechten, scharfen Brechung der Schallwellen, die überall feste, glatte, massige Körper will, weil, von Molecule erzeugt, der Ton immer auch Molecule sucht, um zu haften. Im Opernhause S. Carlo zu Neapel, dem berühmtesten und größten der Welt, das von der Bühne bis zu den gegenüberliegenden Logen 70′ Länge, eben so viele Fuß Breite und Höhe mißt, 6 Gallerien enthält und nah an 8000 Zuhörer faßt, sind die inneren und äußeren Wände der Logen mit Spiegelglas belegt: wo das nicht seyn kann, sollte wenigstens alle Stuccatur und Tapezierarbeit vermieden, und eine lichte, glänzende, glatte Farbe zur Verzierung gewählt werden. Selbst das Beschlagen der Brustbänke mit Tuch ist nicht gut, Saffian und Leder schon besser, und in einem Opernhause — meinen wir — habe das akustische Bedürfniß das erste Recht auf Befriedigung.

§. 6.

Fortsetzung.

Von da zur Bühne selbst übergehend kommt in akustischer Beziehung hauptsächlich nur die Einrichtung des **Prosceniums** (der Vorscene) als desjenigen Theils derselben in Betracht, wo oder in dessen Nähe doch fast ausschließlich die

Productionen der Schauspieler und Sänger statt haben, — also als der eigentlich phonischen Stelle des Theaters.

Im Ganzen ist Regel, daß eine Bühne nicht über 30 und nicht unter 16 Ellen breit, doch immer um die Hälfte tiefer seyn darf. Die Höhe richtet sich zum Theil nach der Höhe des Theaters überhaupt, zum Theil nach dem Bedürfniß der Zuschauer, die auch von der obersten Gallerie herab die ganze Scene übersehen können müssen. Der vordere, dem Saale zugewendete Theil dieses Raumes nun ist das Proscenium, das zugleich die Oeffnung der Bühne bildet und daher in seiner Einrichtung ungleich mannigfaltigeren Rücksichten unterliegt als die eigentliche Scene selbst, die von der ersten Coulisse an beginnt. So darf z. B., damit der Ton sich nicht in den Seitenräumen verliert, das Proscenium nicht, wie die eigentliche Scene, an den Seiten offen, sondern es muß hier von wirklichen Wänden eingeschlossen seyn, und für das Abschlagen der Töne, so wie ihr schnelleres Hinaustreten in den eigentlichen Saal ist am besten, wenn die Wände aus starken, sehr glatt gearbeiteten Brettern bestehen und wenn sie nicht etwa in einem rechten, sondern in einem stumpfen Winkel aufgestellt sind, der seine Spitze nach Außen richtet. Eben deshalb ist denn auch durchaus unpassend, hier in den Seiten des Prosceniums noch Logen für Theaterbeamte oder dergl. Leute anzulegen: unvermeidlich müssen darin die Schallwellen zum großen Theile verloren gehen oder werden sie gar dergestalt zurückgeworfen, daß bereits auf der Bühne selbst ein Hallen entsteht, das dem Sprecher oder Sänger kaum seine eigene so nöthige Beurtheilung der Töne möglich werden läßt. Aber es ist aus eben dem Grunde auch falsch, die Seiten des Prosceniums mit großen, faltigen Vorhängen aus diesem oder jenem Stoff zu verzieren: bemalt mögen auf diese Weise die Bretterwände seyn, aber in Wirklichkeit dergleichen Vorhänge angebracht werden sie immer das leichte

und gleichmäßige Abprallen und Hinaustreten der Tonwellen hindern. Nach oben ist das Proscenium gewöhnlich von einer gemalten Draperie eingefaßt, hinter welcher sich der Vorhang aufrollt, und es mag sowohl dieser als der ganze Bühnenprospect eine solche Einrichtung unerläßlich nothwendig machen; aber von sehr wesentlichem Vortheile für die Tonwirkung ist jedenfalls, wenn auch hier die Seitenwände des Prosceniums sich an einen Verschlag, an eine Art Plafond anschließen, der hinter jener Draperie und in gleicher Höhe mit derselben sich in leichtem Bogen dergestalt über die Bühne hinwegerstreckt, daß nun Sänger oder Redner sich gewissermaßen wie in Mitte der Mündung eines großen, colossalischen Sprachrohrs befinden, das sofort vor der Draperie seine Fortsetzung in dem Saale selbst findet, um sich weiterhin in demselben gewissermaßen wieder wie zu einem Hörrohre umzugestalten. So sind denn aber auch alle Gesimse, Brüstungen, Bogen, Stuccaturen rc. vor genannter Draperie über dem Orchester an dem Plafond des Saales durchaus akustische Fehler, indem der Ton nothwendig an dieselben dermaßen anstoßt, daß unzeitige störende Brechungen der Schallwellen entstehen müssen. Verlangt das Auge dort eine Befriedigung der Art, so mag dieselbe durch Malereien gewährt werden; aber in Wirklichkeit dergleichen Abhänge angebracht, heißt wahrlich nicht der akustischen Kunst, dem Gesetze der Natur Rechnung tragen, um so weniger, als jeder schon hier, vor oder über dem Proscenium zurückgeworfene Tontheil unmittelbar auf die Bühne zurückschlägt und nun hier unverhinderlich in den Suffiten und Coulissen verloren geht, während sonst, bei akustisch richtiger Construction des Prosceniums, deren Oeffnungen gar keinen nachtheiligen Einfluß auf Strom, Kraft und Farbe des Klanges ausüben, indem sie erst von den aus dem Hause zurückgeworfenen Schallwellen berührt werden, und diese hier keine Bedeutung mehr haben.

Daher nimmt nun aber in der That auch die akustische Untersuchung einer Bühne Nichts, keinen wesentlichen Gegenstand mehr in Anspruch, als höchstens noch die Heizung. Früher wurden bekanntlich die Theater gar nicht geheizt; erst in neuerer Zeit hat man sich dazu entschlossen, und mit großem Recht. Im dritten Capitel des ersten Theils haben wir gelernt, welcher bedeutende Einfluß von daher auf Qualität und Quantität der Töne geübt wird, wenn zwischen der einen tönenden Körper umgebenden Luft und jener im Instrumente selbst eine mehr oder weniger große Temperaturverschiedenheit statt findet. Ist nun eine Bühne im Winter nicht geheizt, so wird auch der Schauspieler oder Sänger sich immer außerhalb des warmen Garderobezimmers aufhalten müssen, will er sich den großen Nachtheilen nicht aussetzen, die von dort her über seine Leistungen kommen; aber das kann selten ein Körper, namentlich bei leichterem Costume, ertragen, und so wird, der vielen anderen Ursachen nicht einmal zu gedenken, die Heizung der Theater im Winter ein unabweisbares Bedürfniß. Doch wie soll und kann dieselbe geschehen? — Bezüglich der Beantwortung dieser Frage sind nämlich wiederum mancherlei akustische Rücksichten zu nehmen. Vor allen Dingen darf die Heizung jedenfalls und unter allen Umständen nur eine mäßige seyn, denn wir haben gelernt, daß die Töne in kälterer, trockener Luft sich ungleich elastischer, leichter und mit markigeren Schwingungen forttragen als in wärmerer, die zugleich immer eine feuchtere ist. Dann aber muß die Heizung auch eine gleichmäßige durch das ganze Haus seyn, da auch eine Verschiedenheit zwischen der Temperatur des Saales und der der Bühne nachtheilig auf die Tonerscheinung einzuwirken vermag; oder sollte eine solche Gleichheit nicht erzielt werden können, so ist jedenfalls vortheilhafter, die Bühne wärmer zu halten als den Saal, als umgekehrt, weil die in wärmerer Luft erzeugten Töne ungleich

leichter, in eine kältere treten und sich durch dieselbe verbreiten, als umgekehrt in kälterer Luft erzeugte in und durch eine wärmere, und auf die Erscheinung des Tones im Saale doch kommt bei einer Theatervorstellung Alles an. Hier kommt also in Anwendung, was an angeführtem Orte und an vielen andern Stellen des ersten Theils über das Medium der Schallverbreitung gelehrt wurde, und wornach alle Töne immer am besten von solchen elastischen Körpern fortgetragen werden, die eine gleiche Beschaffenheit mit denjenigen haben, in oder an welchen sie ursprünglich erzeugt wurden. Eine sich gleichmäßig durch das ganze Haus ausdehnende Luftheizung dürfte daher am zweckmäßigsten für ein Theater scheinen, zumal dieselbe die Luft im Hause auch immer sehr trocken erhält; indessen frägt sich doch auch wieder, ob die durch eine solchartige Heizung fortwährend im Hause unterhaltenden Strömungen der Luft nach bestimmten Richtungen andererseits nicht zugleich störend auf die Strömungen der Schallwellen einzuwirken vermögen? — Wir wollen nicht wagen, die Frage unbedingt mit Ja oder Nein zu beantworten, da wir noch nicht Gelegenheit hatten, sorgfältig vergleichende Beobachtungen in der Beziehung anzustellen, halten indeß eine zweckmäßig angelegte Dampf- oder Wasserheizung in allen Fällen für vortheilhafter.

§. 7.

Concertsaal.

Die Regeln für den Bau eines Concertsaals ergeben sich aus diesen Betrachtungen, die wir über den Bau eines Theaters anstellten, von selbst, zumal auch die Bestimmung beider Locale eine so sehr nah verwandte ist. Wir können uns daher bei gegenwärtigem Gegenstande kurz fassen.

Als Gesammtform ist jedenfalls und aus denselben Gründen wie beim Theater auch für den Concertsaal das Oval die zweckmäßigste: schon das längliche Viereck ist weniger vortheilhaft für die Repulsion der Schallwellen, und noch weniger das Quadrat; wenigstens sollte dasjenige Ende eines länglichen Vierecks, wo das Orchester aufgestellt ist, immer wie der Focus eines Ovals abgerundet seyn. Eben so darf auch der Plafond eines Concertsaals nicht gewölbt, sondern muß mit Hohlkehlen versehen seyn, und immer haben Breite, Länge und Höhe in gehörigem Verhältnisse zu einander zu stehen. Säulen, Fensterverzierungen und Alles, was die Schallwellen in ihrer freien Strömung hindern und sie brechen kann, noch ehe sie an dem eigentlichen phonokamptischen Punkte angekommen, gehört in keinen guten Concertsaal. Deshalb sind auch alle Seitengemächer wenigstens während der Musik wohl zu schließen. Das Orchester erhebt sich einige Fuß über das eigentliche Saalpodium und muß die ganze Breite des Saales ausfüllen, damit alle Schallwellen sich nur in Einer Richtung fortbewegen. Sind die Einschlußwände Mauerwerk, so sind dieselben wenigstens mit starken, glatten Tapeten zu überziehen oder noch besser mit einem geschmackvollen Holzgetäfel. Die Sitze für die Zuhörer haben erst mehrere Schritte von dem Orchester hinweg zu beginnen, weil in großen Sälen die zu vorderst Sitzenden sonst leicht durch einen Nachhall, der von weiten Schallrepulsionen entsteht, gestört werden. Für die Größe eines Saales überhaupt gelten dieselben akustischen Regeln, die beim Theater den Maaßstab abgaben. Das Podium des Orchesters ist möglichst fest zu legen und wo möglich mit dem Fußboden des Saales fest zu verbinden, weil sonst leicht eine Resonanz von jenem Boden aus entsteht, die den Ton der Instrumente eigenthümlich hohl und — wie man sagt — wollig dick färbt, was dann immer ein unklares Tosen im Saale selbst zur Folge hat.

Eine bloße leichte Bretterlage reicht daher für das Orchester nicht aus, sondern es muß dies fest auf Balken ruhen, Nichts darf daran zittern oder beweglich seyn. Viele Fenster oder Spiegel sind nicht gut für einen Concertsaal, oder müssen alle Wände fest mit Spiegelglas überzogen seyn, und müssen die Fenster von sehr starkem Glase und unerschütterlich fest in ihren Rahmen gebaut seyn, weil sonst beim Anschlagen der Schallwellen leicht andere als blos Molecularschwingungen entstehen können, und solche immer auch eine andere, sehr störende Tonwirkung zur Folge haben.

§. 8.

Kirchenbau.

Geben unsere Architekten zu, daß beim Bau eines Theaters oder Concertsaals die Forderungen der Akustik allen anderen vorausgehen und wirklich zunächst befriedigt werden müssen, wenn sie dann auch bei der Arbeit selbst sich nur selten überreden können, dem Grundsatze vollkommen treu zu bleiben, so glauben sie anderseits beim Bau einer Kirche lediglich die Schönheit der Formen und was damit in Verbindung steht in den Vordergrund ihrer Aufgaben stellen zu dürfen. Ob mit Recht? — wollen wir nicht weiter untersuchen; jedenfalls aber hat der christliche Cultus die schöne Kunst der Töne bis heute und gottlob noch so sehr als einen integrirenden Theil in seinen Gränzen bewahrt, daß sich wahrlich kaum begreifen läßt, wie jener Grundsatz zu so allgemeiner bleibender Geltung kommen konnte. Indeß ist dies geschehen, und wir bauen Kirchen nach Stylen und Geschmack, ohne auch nur einmal daran zu denken, viel weniger zu fragen, ob es sich gut darin spricht, singt oder spielt, ob der Geistliche und die schöne Harmonie der majestätischen Orgeltöne überall

darin, an allen Ecken und Enden gleich gut, rein, deutlich, vernommen werden können? — hallt, schallt, gällt es darin, oder erscheint die Stimme hier und da gedrückt, gedämpft, — so soll der Prediger seine Declamation darnach modificiren, und man ladet einer zweiten Kunst, um in der ersten mit desto größerer Freiheit schaffen zu können, Leistungen auf, die zu vollbringen ihr nicht selten ganz unmöglich seyn müssen, bereichert sich auf Kosten Anderer und huldigt so — um so zu sagen — einem Egoismus, der freilich nirgends mehr zu Hause zu seyn scheint, als gerade in Mitten der Kunst, aber ohne zu bedenken, daß eben dadurch sie selbst nur das Gepräge der Unvollkommenheit sich aufdrückt.

Wie gesagt übrigens ist dem nun einmal so, und wir wollen uns daher hier auch nur auf die Herzählung derjenigen verschiedenen Formen beschränken, in denen gewöhnlich unsere geweiheten Gotteshäuser aufgeführt zu werden pflegen, um dann dabei zu bemerken, welche von denselben wir für die akustisch zweckmäßigere halten.

§. 9.

Fortsetzung.

Ehemals bildete der Grundriß einer Kirche fast immer und bei den Katholiken auch jetzt noch häufig ein lateinisches oder griechisches Kreuz: am Kreuze vollbrachte unser Herr und Heiland sein Werk der Erlösung. Indeß ließ sich die Form doch hauptsächlich nur bei größeren Gotteshäusern gut anwenden, und so kam man später davon ab und baute auch Kirchen, die in ihrem Grundrisse ein gleichseitiges oder längliches Viereck bilden, in welch' letzterem Falle gewöhnlich als Regel gilt, daß die Länge zur Breite sich verhalte entweder wie 2:1 oder 5:3 oder auch 3:2. Seltener sind die Kirchen ganz

rund oder ein Oval, vieleckig oder amphitheatralisch, und doch sind diese Formen und namentlich das Oval in akustischer Beziehung jedenfalls die vorzüglichsten, wie die in solchen Formen bestehenden Gotteshäuser beweisen, indem in denselben oft auch das leiseste Gelispel des Redners, der schwächste Gesang überall gut wahrgenommen wird, wenn nämlich der innere Ausbau sonst keine Theile enthält, welche den Vortheil dieser Grundform wieder aufheben. Auch das längliche Viereck kann bedeutende akustische Vorzüge in sich vereinigen, wenn es nämlich klein genug ist, daß die Kanzel noch im sogenannten Chor, über oder hinter dem Altare, angebracht zu werden vermag, und dann das Schiff möglichst frei von Arkaden, Säulengängen oder dergl. gehalten wird. Unter Schiff versteht man nämlich in einer Kirche den innern größern Raum, der häufig auf angegebene Weise wieder in mehrere einzelne Abtheilungen zerfällt, wodurch ein Hauptschiff und verschiedene Nebenschiffe oder Abseiten entstehen. Solcher Art eingerichtete Kirchen sind akustisch unbedingt die fehlerhaftesten: es spricht sich nicht gut darin, Halle und Gälle entstehen überall, und auch die musikalischen Töne der Orgel oder des Gesanges verlieren durch die mannigfaltigste Durchkreuzung einen großen Theil ihrer Klarheit und somit Wirkung. Wer in den Abseiten (Nebenschiffen) sitzt, empfängt die Töne von Canzel und Orgel immer erst und häufig sogar auf weiten Umwegen, während das, was vielleicht weit von ihm, aber in seinem eigenen Gange gesprochen wird, unmittelbar, in einem directen Wellenstrome an sein Ohr anschlägt, und nun vergleiche man damit, was wir im ersten Theile über Fortpflanzung des Schalles 2c. gelernt haben, — es muß die Ueberzeugung kommen, wenn selbst die Erfahrung noch fehlte, daß Kirchen in diesem Style ihrer akustischen Aufgabe am allerwenigsten genügen. Ist das Schiff einer Kirche hingegen möglichst frei, und steht die Kanzel im Chor über dem

Altare, der Orgel gegenüber, so können selbst bei geringer Anstrengung von Seiten des Redners die herrlichsten Effecte hervorgebracht werden. Emporkirchen, selbst wenn ihrer zwei, drei über einander angebracht sind, schaden nicht, nur dürfen auch sie nicht etwa in Säulenwerken ruhen und dadurch eine Art von Abseiten oder Arkaden bilden, sondern sind sie nicht anders zu befestigen, so ist noch besser, wenn sie auf Säulen ruhen, die keinen zu großen Umfang haben. Die Höhe der Kanzel beträgt in dem Falle am besten ungefähr ein Drittheil der ganzen Kirchenhöhe, und der Kanzelhut, welcher das unmittelbare Aufsteigen des Klanges in die Höhe verhindern, vielmehr dazu beitragen soll, daß die Schallwellen unmittelbar in das Schiff eintreten, muß möglichst glatt und flach gebaut seyn, nicht etwa in Trichterform, in welcher er gerade das Gegentheil von dem bewirkte, was er eigentlich bewirken soll. Besser schon ist eine kleine Wölbung. Die Höhe der Emporkirche darf nicht mehr als höchstens drei Fünftheile der ganzen Kirchenhöhe betragen. Steht die Orgel der Kanzel gegenüber, über dem Haupteingange des Schiffes, so ist gut und fast nothwendig, daß sie die ganze Breite dieses einnimmt, jedenfalls darf sie keine Vertiefungen neben oder hinter sich lassen, in welchen die Schallwellen des Redners verloren gehen können, da ein kräftiges, scharfes, geregeltes Zurückwerfen derselben eine Hauptbedingung der Stärke ihrer Wahrnehmung ist.

Ist die Kirche zu groß, als daß die Kanzel im Chore über dem Altare angebracht werden könnte, so muß dies allerdings in der Mitte oder an der Seite des Hauptschiffes geschehen, aber alsdann muß auch die Kirche weniger lang seyn, als vielmehr verhältnißmäßig breit, und ist auch gut, wenn der Chor abgerundet ist.

Dasselbe gilt von der Decke. Hier darf Nichts eckig, glatt oder dergl. seyn, sondern Alles gewölbt oder wenigstens

mit Hohlkehlen versehen, weil sich sonst die Töne leicht abstumpfen. Aber freilich die einfache Größe, welche das Gemüth erhebt, ohne es durch Ueberladung und kleinlichen Putz zu zerstreuen, wird häufig verlassen, und man sieht da Basreliefs, Gebälke mit Gliedern, Pilaster, Felder und was dergl. mehr angebracht, das Alles das Auge sehr wohl spielend zu unterhalten, auch dem ganzen Style des Baues nothwendig angemessen seyn mag, aber woran sich dennoch die Schallwellen, eben jene Tonstrahlen tausendfältig brechen und zerstreuen, die einzig und allein es sind, die das geistige Wort zu Ohr und Herz des Hörers tragen, um das Werk der Erbauung in ihm zu vollbringen. Unbegreiflich das Nichtbegreifen dieser Wahrheit auf Seiten unserer Baukünstler! — Nun ja, die großartigen Verhältnisse, die schlanken spitzigen Gewölbe z. B. des gothischen Styls machen auf den Kunstfreund einen sehr guten Eindruck, einen herrlichen Effect, aber ist das, dieser Eindruck das, was der Christ in der Kirche zunächst sucht, und wodurch zunächst dort auf ihn gewirkt werden soll? — Nein! — nun gut, so sollte man endlich auch aufhören, beim Bau einer Kirche die Schönheit der Formen in den Vordergrund der Aufgaben zu stellen, oder dem akustischen Bedürfnisse zum wenigsten eine gleiche Geltung zu gewähren nicht mehr anstehen.

Druck von J. Wachendorf.

Inhalt.

Einleitung.

Begriff, Werth und Nothwendigkeit der Lehre . . . . . Seite 1

Erster theoretischer Theil,
enthaltend
die Grundlehren der Akustik
oder die Lehre von der physischen Beschaffenheit und Ursache des Klanges in allen seinen Erscheinungen, Anwendungen und Verhältnissen.

Erstes Kapitel. Theorie des Klanges überhaupt . . Seite 7
Erste Ursache alles Hörbaren (§. 1). 7
Verschiedene Beschaffenheit hörbarer Erscheinungen (§. 2) . . 8
Entstehung, Erregung und Vernehmbarkeit des Schalles (§. 3). 9
Verschiedene Arten des Schalles und ihre Ursachen (§. 4—7) . 12
Schall, Hall, Gall, Klang (§. 8) 23
Qualitativ und quantitativ verschiedene Beschaffenheiten des Schalles und Klanges (§ 9) 24

Zweites Kapitel. Die verschiedenen Mittel und Arten der Tonerzeugung im gewöhnlichen Leben 27
Die Saiten (§. 10). 27
Die Luftsäule (§. 11) 28
Stäbe (§. 12 und 13) 30
Von den Klang- und Resonanzfiguren (§. 14 und 15) 36
Die Membrane (§. 16). 42
Starre Flächen (§. 17 und 18) 44
Erscheinungen beim Zusammenwirken zweier klingender Körper (§19) 49
Die Zungen (§. 20—25) 53
Tropfbare Flüssigkeiten (§. 26) 67
Luftstöße (§. 27—29) 68

Drittes Kapitel. Die Ursachen der Erzeugung verschiedener Töne mit ein und demselben Gegenstande, und von der Zeitdauer eines Klanges 76
Die Ursachen der Töne überhaupt (§. 1) 76

Seite

Einfluß der Qualität des schwingenden Körpers auf die graduelle Quantität seines Klanges oder Schalles (§. 2 - 5) . . . 78
Einfluß der Quantität des schwingenden Körpers auf die graduelle Quantität seines Schalles (§. 6—13) 87
Einfluß des die Schwingungen bewirkenden Körpers auf die graduelle Quantität des Tones des eigentlich schwingenden oder selbsttönenden Körpers (§. 14—17) 105
Einfluß des Körpers, an oder in welchem der tönende Körper schwingt, auf die graduelle Quantität des Klanges oder Schalles (§. 18—20) 116
Die Zeitdauer eines Tones (§. 21) 123

Zweiter praktischer Theil
oder
Anwendung der Grundlehren der Akustik auf das gesammte praktische Tonleben.

Erstes Kapitel. Das Tonsystem unsrer Musik oder akustische Begründung unsrer Tonlehre 126
Der Ton für sich als Stoff musikalischer Gestaltungen (§. 1—8) 129
Melodie, Harmonie, Accord (§. 9—12) 150
Consonanz und Dissonanz (§. 13) 156
Die Flageolet- und Combinationstöne (§. 14) 160
Die Temperatur unsers Tonsystems (§. 15) 163
Die Tonleitern und Tonarten (§. 16) 167
Zweites Kapitel. Instrumentenbau oder die Lehre von dem akustischen Princip des Baues musikalischer Instrumente . . 170
Uebersicht (§. 1—4) 170
Saiteninstrumente (§. 5—11) 177
Die Blasinstrumente (§. 12) 192
Clavicylinder oder Reibinstrumente (§. 13—15) 193
Drittes Kapitel. Architektur oder Anwendung der Grundlehren der Akustik auf den Bau von Theatern, Concertsälen und Kirchen 198
Theaterbau (§. 1—6) 198
Concertsaal (§. 7) 215
Kirchenbau (§. 8 und 9) 217

Seite
[illegible] 79
[illegible] 95
[illegible] 103
[illegible] 114
[illegible] 128

[illegible]

Anwendung der Grundsätze der Musik auf das [illegible] Leben.

Erstes Kapitel. [illegible] 176
[illegible] (§. 1—6) [illegible]
[illegible] 197

Zweites Kapitel. [illegible] 170
[illegible] (§. 1—4) 170
[illegible] (§. 5—11) 171
[illegible] (§. 12) [illegible]
[illegible] (§. 13—15) [illegible]

Drittes Kapitel. [illegible] 199
[illegible] (§. 1—6) [illegible]
[illegible] (§. 7) 215
[illegible] (§. 8 und 9) [illegible]

Förster Lucas.

Bayerische StaatsBibliothek

Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Schilling, Gustav

Akustik oder die Lehre vom Klange ein Versuch ihrer Einführung in's Leben durch allgemein faßliche, theoretisch-praktische Darstellung ihrer Wissenschaft für alle Freunde der Natur und Kunst, insbesondere Musiker, Instrumentenmacher und Architekten

Stuttgart 1848

Mus.th. 2975
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10599398-2